



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
PADA GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI  
TEMPURUNG KELAPA TUA**

**Wildatun Islamiyah  
NRP 11131000007**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Darminto**

**DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**





**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
PADA GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI  
TEMPURUNG KELAPA TUA**

**Wildatun Islamiyah  
NRP 1113100007**

**Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Darminto**

**DEPARTEMEN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT – SF 141501

**SULFURIC ACID INTERCALATED-MECHANICAL  
EXFOLIATION OF REDUCED GREPHENE OXIDE  
FROM COCONUT SHELL**

**Wildatun Islamiyah  
NRP 1113100007**

**Advisors  
Prof. Dr. Darminto**

**Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN  $H_2SO_4$   
PADA GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI  
TEMPURUNG KELAPA TUA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains Pada Bidang Fisika Material  
Program Studi S-1 Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Disusun Oleh :

**Wildatun Islamiyah**  
**1113 100 007**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Darminto,



(.....)

# **EKSFOLIASI MEKANIK DENGAN PENAMBAHAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> PADA GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI DARI TEMPURUNG KELAPA TUA**

**Penulis** : Wildatun Islamiyah  
**NRP** : 1113100007  
**Departemen** : Fisika, FMIPA ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Darminto

## **Abstrak**

Penelitian ini menggunakan arang tempurung kelapa tua sebagai bahan dasar grafena oksida tereduksi (rGO) dengan perlakuan panas 400°C selama 5 jam, eksfoliasi kimia dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan eksfoliasi mekanik menggunakan proses ultrasonik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui fasa, distribusi ukuran, morfologi, konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi dari rGO. Variasi yang digunakan pada saat pencampuran adalah molaritas (1M dan 0,1M) dan mol dimana perbandingan antara H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan rGO (1:1, 1:5, dan 1:10), serta variasi waktu eksfoliasi (6, 8, dan 10 jam). Hasil uji XRD, XRF, dan CHONS menunjukkan terbentuknya fasa rGO pada serbuk tempurung kelapa. Adanya penyisipan atom S dan O yang berikatan dengan karbon setelah penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berdasarkan hasil FTIR dibuktikan dengan munculnya puncak C-S dan C-O. Hasil pengujian PSA didapat rata-rata ukuran terkecil partikel rGO dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 17,5 nm. Hasil uji SEM menunjukkan adanya lapisan ukuran nano yang bertumpuk-tumpuk dan tersebar tidak merata. Dari hasil pengujian FPP, penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menghasilkan nilai konduktivitas listrik yang rendah sebesar  $1,1 \times 10^{-3}$  S/m begitu juga nilai lebar celah pita energi sebesar 0,17 eV.

**Kata kunci** : eksfoliasi mekanik, grafena oksida tereduksi (rGO), tempurung kelapa tua

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **SULFURIC ACID INTERCALATED-MECHANICAL EXFOLIATION OF REDUCED GREPHENE OXIDE FROM COCONUT SHELL**

**Name** : Wildatun Islamiyah  
**NRP** : 1113100007  
**Departement** : Physics, FMIPA ITS  
**Supervisor** : Prof. Dr. Darminto

## **Abstract**

Reduced graphene oxide (rGO) powder has been prepared from coconut shell by rapid heating at 400°C for 5 hours, chemical exfoliation of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> intercalating and mechanical exfoliation using ultrasonication. The purpose of this work is to identify the phase, size distribution, morphology, electrical conductivity, and band energy gap of rGO. Stirring at varying molarities (1M and 0,1M) with the molar ratio of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and rGO (1:1, 1:5, and 1:10) as well as exfoliated at varying times of ultrasonic (6, 8, and 10 hours) were conducted. Analysis of XRD, XRF and CHONS exhibited the rGO phase in coconut shell charcoal powder. Analysis of FTIR shows that S and O atoms have been intercalated marked by the appearance of C-S bond and C-O bond. The measurement of PSA, shown the smallest average size of rGO in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dispersions is 17,5 nm. The result of SEM analyzer consist of random stacks of nanometer-sized platelets. According to electrical property measurement using the 4-point probe the rGO processed in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> intercalating exhibited a low electrical conductivity of  $1,1 \times 10^{-3}$  S/m with band energy gap of 0,17 eV.

**Keywords** : *mechanical exfoliation, old coconut shell, reduced graphene oxide (rGO)*



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, berkat, karunia dan petunjuk-Nya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan optimal dan tepat waktu. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Penulis menyusun Tugas Akhir ini untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul **“Eksfoliasi Mekanik dengan Penambah  $H_2SO_4$  pada Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua.”** Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi.

Dalam penulisan ini tidak lepas dari bantuan dari pihak-pihak tertentu baik membantu secara langsung maupun secara tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak tersebut, diantaranya:

1. Kedua orang tua tercinta. Ummi Maimuna dan Abi Rasiman yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan dalam setiap langkah penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Darminto selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
3. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng dan Bapak Eko Minarto, M.Si selaku kepala dan sekretariat Departemen Fisika ITS.
4. Keempat saudara peremuan tercinta saya yaitu Nur Hasanah, Siti Samiyah, Ita Wasila dan Alviatun Hidayah yang selalu memberi semangat setiap harinya.

5. Kelima ponakan tercinta saya yaitu Nur Marghfiroh Abdi Fauzi, Ulul Azmi Alhan, Tristan Alif Naufal Rifai, Azkia, dan Taralina Rukbatul Ulya yang selalu mewarnai hari-hari penulis dengan canda dan tawa.
6. Rekan satu tim penelitian arang tempurung kelapa tua ini yang telah banyak membantu selama praktikum di laboratorium dan penulisan laporan.
7. Mbak Ananda Yogi Nugraheni yang telah berbagi banyak sekali arahan dan dukungan dalam penelitian dan penyusunan laporan.
8. Sahabat tercintaku Gengges Arina, Silmi, Caki, Annysa, Susi, Ekik, Willy dan Della yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
9. Teman-teman tersayangku LET Yossita, Shona, Meindy, Rayhan, Devi, dan Oman yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
10. Segenap teman-teman Supernova 2013 yang telah menjadi keluarga penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Fisika ITS yang telah memberikan banyak dukungan.
11. Mas Sholeh, Mas Slamet, Mas Mufid, dan Mas Sony selaku laboran Fisika Bahan yang membantu penulis selama penelitian.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran dari pembaca guna menyempurnakan laporan ini demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dimasa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Aamiin Ya Rabbal Alaamiin.

Surabaya, Juni 2017

Penulis  
wildatunislamiyah@gmail.com

## DAFTAR ISI

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL.....                      | i                                   |
| COVER PAGE.....                         | ii                                  |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                  | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| ABSTRAK .....                           | iv                                  |
| ABSTRACT .....                          | vi                                  |
| KATA PENGANTAR.....                     | viii                                |
| DAFTAR ISI.....                         | x                                   |
| DAFTAR GAMBAR .....                     | xiii                                |
| DAFTAR TABEL .....                      | xv                                  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                   | xvi                                 |
| BAB I PENDAHULUAN .....                 | 1                                   |
| 1.1 Latar Belakang .....                | 1                                   |
| 1.2 Rumusan Masalah .....               | 3                                   |
| 1.3 Batasan Masalah.....                | 3                                   |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....              | 4                                   |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....             | 4                                   |
| 1.6 Sistematika Penulisan.....          | 4                                   |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....            | 5                                   |
| 2.1 Grafena Oksida Tereduksi (rGO)..... | 5                                   |
| 2.2 Eksfoliasi Grafena Oksida.....      | 6                                   |
| 2.2.1 Eksfoliasi Kimia.....             | 6                                   |
| 2.2.2 Eksfoliasi Mekanik.....           | 7                                   |

|   |    |
|---|----|
| 2.3 Struktur Grafena Oksida Tereduksi.....                    | 9  |
| 2.3.1 Komposisi Unsur Bahan Dasar .....                       | 9  |
| 2.3.2 Struktur Fasa .....                                     | 9  |
| 2.3.3 Gugus Fungsi.....                                       | 11 |
| 2.3.4 Distribusi Ukuran Partikel.....                         | 12 |
| 2.3.5 Morfologi .....   | 13 |
| 2.3.6 Konduktivitas Listrik dan Lebar Celah Pita Energi ..... | 14 |
| BAB III METODOLOGI .....                                      | 17 |
| 3.1 Alat dan Bahan .....                                      | 17 |
| 3.1.1 Alat .....  | 17 |
| 3.1.2 Bahan.....  | 17 |
| 3.2 Langkah Kerja .....                                       | 17 |
| 3.2.1 Preparasi Bahan Serbuk Tempurung Kelapa Tua .....       | 17 |
| 3.2.2 Proses Pemanasan .....                                  | 18 |
| 3.2.3 Proses Pencampuran.....                                 | 18 |
| 3.2.4 Proses Ultrasonik.....                                  | 18 |
| 3.2.5 Proses <i>Centrifuge</i> .....                          | 18 |
| 3.3 Karakterisasi Sampel.....                                 | 19 |
| 3.3.1 <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) dan CHONS .....         | 19 |
| 3.3.2 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD) .....                    | 19 |
| 3.3.3 <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA) .....               | 19 |
| 3.3.4 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....          | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.5 <i>Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)</i> ..... | 20 |
| 3.3.6 <i>Four Point Probe (FPP)</i> .....  | 20 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian .....  | 21 |
| BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....  | 25 |
| 4.1 Hasil Analisis Preparasi Serbuk Tempurung Kelapa Tua.....                                      | 25 |
| 4.2 Hasil Analisis Komposisi Unsur Bahan Dasar.....  | 25 |
| 4.2 Hasil Analisis Fasa .....  | 27 |
| 4.3 Hasil Analisis Gugus Fungsi rGO .....  | 28 |
| 4.4 Hasil Analisis Distribusi Ukuran.....  | 30 |
| 4.5 Hasil Analisis Morfologi .....   | 34 |
| 4.6 Hasil Analisis Konduktivitas Listrik dan Lebar Celah Pita Energi .....                         | 37 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....   | 39 |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 39 |
| 5.2 Saran.....   | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | 41 |
| BIODATA PENULIS .....  | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Modifikasi Struktur atom grafena dan turunannya.....   | 6  |
| Gambar 2.2 | Modifikasi Proses Eksfoliasi dengan Penambahan $H_2SO_4$ .....   | 7  |
| Gambar 2.3 | Modifikasi proses penyayatan rGO.....  | 8  |
| Gambar 2.4 | Pola difraksi (a) rGO serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan pada suhu $400^\circ C$ selama 5 jam, (b) GO dan rGO, dan (c) rGO dengan perbedaan kadar oksigen..... | 10 |
| Gambar 2.5 | Pola grafik FTIR dari GO dan rGO hasil penyayatan.....   | 11 |
| Gambar 2.6 | Grafik distribusi ukuran dengan proses a. Eksfoliasi mekanik dan b. eksfoliasi mekanik dan penambahan HCl.....   | 12 |
| Gambar 2.7 | Morfologi pada uji (a) SEM dari grafit dengan penambahan $H_2SO_4$ , dan (b) TEM rGO dari arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan $400^\circ C$ selama 5 jam.....          | 14 |
| Gambar 2.8 | Nilai konduktivitas listrik dari GO (▲) dan rGO (●) dengan kadar oksigen yang berbeda.   | 15 |
| Gambar 3.1 | Grafik antara $\ln \sigma$ dan $1/T$ .....   | 22 |
| Gambar 3.2 | Diagram Alir Tahap Preparasi Bahan.....  | 22 |
| Gambar 3.3 | Diagram Alir Tahap Penambahan $H_2SO_4$ dan eksfoliasi.....  | 23 |
| Gambar 4.1 | Grafik pola difraksi rGO serbuk awal dari arang tempurung kelapa tua setelah proses pembakaran.....  | 28 |
| Gambar 4.2 | Hasil pola grafik FTIR dari rGO setelah dilakukan proses penyayatan dengan $H_2SO_4$ .....   | 29 |
| Gambar 4.3 | Grafik distribusi ukuran partikel rGO pada konsentrasi 1M.....   | 31 |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Gambar 4.4 | Grafik distribusi ukuran partikel rGO pada konsentrasi 0,1M.....  | 32 |
| Gambar 4.5 | Grafik distribusi ukuran partikel pada rGO dengan penambahan HCl dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ..... | 33 |
| Gambar 4.6 | Hasil SEM rGO (a) dengan penambahan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1M (b) dengan penambahan HCl 1M..      | 35 |
| Gambar 4.7 | Hasil EDX dari rGO dengan penambahan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....                                 | 37 |



### **DAFTAR TABEL**

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Hasil analisis unsur C, H, O, N, dan S dari serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan 400°C ..... | 9  |
| Tabel 2.2 | Nilai konduktivitas listrik arang tempurung kelapa tua pada variasi waktu pemanasan.....                   | 14 |
| Tabel 4.1 | Hasil Analisis Komposisi Bahan Dasar.....  | 26 |
| Tabel 4.2 | Nilai konduktivitas dan lebar celah pita energi pada rGO pada beberapa perlakuan.....                      | 38 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|            |                        |    |
|------------|------------------------|----|
| Lampiran 1 | Hasil Uji XRF.....     | 45 |
| Lampiran 2 | Hasil Uji PSA.....     | 45 |
| Lampiran 3 | Hasil Uji SEM-EDX..... | 46 |
| Lampiran 4 | Hasil Uji FPP.....     | 46 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sekitar 150 tahun lalu grafit muncul pertama kali dalam ilmu keilmiahan. Baru-baru ini kembali muncul sebagai perhatian dalam penelitian yang digunakan sebagai penyusun bahan komposit yang layak dan terbilang murah (Fukushima and Drzal, 2002), selain itu dapat digunakan dalam berbagai aplikasi rekayasa seperti pada transistor dengan kecepatan tinggi, superkapasitor, baterai litium, dan lain-lain (Chen dkk, 2001). Mengingat sifat grafena yang sangat baik secara mekanik, struktural, termal bahkan listrik. Sifat yang sangat baik ini sangat sesuai pada skala nano, apabila grafit dapat dikelupas menjadi nanomaterial tipis, bahkan sampai ke tingkat lembaran grafit (Kotov, 2006).

Sampai saat ini metode kimia merupakan metode yang tepat untuk membentuk lembaran grafena, namun lembaran yang terbentuk masih mengandung oksigen dan cacat. Terdapat tiga proses yaitu oksidasi grafit, eksfoliasi grafit oksida, dan reduksi lembar grafit oksida (Arbuzov dkk, 2012). Grafit dapat dilakukan dengan penguapan cepat dari penambahan asam pada temperatur tinggi untuk membentuk perluasan panjang pada grafit (Chen dkk, 2004). Meskipun metode sederhana ini telah diterapkan secara komersial, namun sampai hari ini belum pernah menghasilkan proses eksfoliasi lengkap pada grafit dengan tingkat lembaran grafena individu (Chung, 1987). Sejauh ini telah dihasilkan ratusan lembar grafena yang ditumpuk (dengan asumsi bahwa ketebalan satu lembaran sama dengan pemisahan antar lembar dalam grafit, 0,34 nm) serta dengan ketebalan rata-rata antara 30 dan 100 nm (Fukushima and Drzal, 2002).

Grafit sendiri merupakan jenis bahan karbon yang terbentuk dari atom karbon yang berada pada orbital  $sp^2$ . Grafit ini terdiri dari lembaran-lembaran tipis hasil dari ikatan antar atom karbon yang disebut sebagai grafena (Warner, 2013). Grafit dapat

dibentuk menjadi *graphene oxide* (GO) menggunakan metode modifikasi Hummer, dimana metode ini menggunakan berbagai reaksi kimia untuk mengoksidasi (Loryuenyong dkk, 2013). Proses reduksi pada GO sendiri akan mengakibatkan hilangnya atom-atom oksigen dan hidrogen sehingga membentuk *reduced graphene oxide* (rGO) yang menyerupai struktur grafena (Nasrullah, 2014). Alotrop yang mengarah pada grafit dapat dihasilkan dari arang tempurung kelapa tua (Martha, 2016).

Produksi buah kelapa dari pohon kelapa di Indonesia sendiri terbilang melimpah, dimana setiap tahunnya dihasilkan  $\pm 3.189.897$  ton. Bagian dari buah kelapa yang banyak digunakan adalah hasil minyak dari daging kelapa yaitu sebagai bahan baku rumah tangga dan industri. Sedangkan tempurung kelapa sebagian kecil digunakan sebagai bahan bakar dan kerajinan, dan sebagian besar menjadi limbah (Pinatik dan Tooy, 2014). Oleh karena itu, pemanfaatan limbah tempurung kelapa sangat dibutuhkan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Tempurung kelapa mengandung banyak unsur karbon dan oksigen. Berdasarkan penelitian sebelumnya Nugraheni dkk (2015) tempurung kelapa mengandung 51.09% massa karbon dan 48,22% massa oksigen. Dengan adanya data tersebut, maka dilakukan pemanfaat arang tempurung menjadi grafen. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Maulana (2016) diperoleh grafen dengan fase rGO dari pemanasan arang tempurung kelapa tua pada temperatur  $400^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.

Sejumlah penelitian beberapa tahun terakhir ini, mengembangkan metode sederhana untuk pengurangan lembar grafena oksida. Misal penelitian Liao dkk (2011) yang telah memperlakukan grafena oksida dengan pengadukan dalam air panas dan di bawah kondisi asam. Berdasarkan penelitian Munuera dkk (2017) menghasilkan tumpukan grafit yang semakin renggang satu sama lain akibat penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Susunan grafit yang bertumpuk juga dibuktikan dari penelitian Nugraha (2015) melalui pengujian TEM. Yang tidak kalah pentingnya juga, penelitian Nugraheni (2016) dengan

menambahkan asam kuat HCl pada proses eksfoliasi rGO didapatkan hasil bahwa terbentuk lembaran grafen dengan ukuran partikel terkecil sekitar 30 nm.

Pada penelitian ini, kami mencoba menggunakan metode sederhana baik secara kimia dan mekanis yaitu dengan menambahkan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan dengan eksfoliasi pada proses ultrasonik. Penambahan dilakukan dengan berbagai variasi untuk melihat pengaruh yang terjadi. Dilakukan pengadukan selama 20 jam dengan menggunakan *hot plate magnetic stirrer*. Selanjutnya proses eksfoliasi mekanik menggunakan ultrasonik dengan variasi waktu dan kemudian proses *centrifuge* selama 40 menit dengan kecepatan putar 3500 rpm. Proses terakhir dilakukan karakterisasi komposisi unsur bahan dasar menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan CHONS, fasa bahan menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), distribusi ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA), ikatan molekul menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), serta konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi menggunakan *Four Point Probe* (FPP). Diharapkan dengan menggunakan metode ini dapat memperkecil ukuran partikel, karena adanya jarak yang semakin jauh antar lembaran dan membuat ikatan van der Waals melemah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana distribusi ukuran partikel, fasa, morfologi, konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi rGO dari arang tempurung kelapa tua dalam larutan setelah adanya penambahan zat asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi dengan analisis fasa, ukuran, konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi rGO

dari tempurung kelapa pada proses eksfoliasi kimia dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan mekanik berupa penyayatan menggunakan ultrasonik. Beberapa pengujian yang dilakukan dengan alat XRF, CHONS, XRD, PSA, FTIR, SEM-EDX, dan FPP. Hasil analisis akan dibandingkan dengan dengan penambahan HCl.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fasa, distribusi ukuran partikel, morfologi, konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi rGO dari arang tempurung kelapa tua dalam larutan setelah adanya penambahan zat asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diberikan melalui penelitian tugas akhir ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai adanya fasa rGO dengan struktur ukuran tipis dan dapat menghantarkan listrik yang terbentuk dari serbuk arang tempurung kelapa tua serta memicu inovasi baru akan pemanfaatan limbah tempurung kelapa tua agar kedepannya dapat menunjang perkembangan teknologi dan menjadi rujukan penelitian selanjutnya.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian. Bab I, memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II, memuat tinjauan pustaka yang berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian. Bab III, memuat metodologi penelitian yang berisi tentang metode kerja yang mendukung penelitian ini. Bab IV, memuat uraian kerja berupa analisa data dan pembahasan yang mendukung penelitian. Bab V, memuat kesimpulan penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

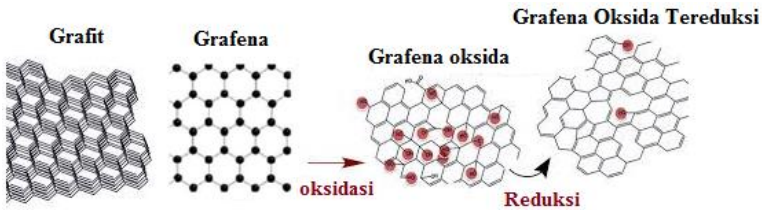
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Grafena Oksida Tereduksi (rGO)**

Secara teori, grafena oksida tereduksi (rGO) merupakan grafena oksida yang mengalami reduksi atom-atom oksigen dan hidrogen sehingga membentuk struktur dan sifat yang menyerupai grafena (Geim dkk, 2004). Grafena mempunyai susunan heksagonal dua dimensi (2D) dari atom karbon dengan ikatan  $sp^2$ . Ikatan  $sp^2$  mendeskripsikan ikatan tunggal atom karbon (C-C) berdasarkan hibridisasi dan konsep dari pencampuran orbital atom yaitu s dan p. Hibridisasi  $sp^2$  melibatkan ikatan rangkap atom karbon (C=C) (Warner, 2013). Karbon sendiri memiliki dua alotrop umum yaitu intan yang tersusun atas atom karbon yang terikat bersama-sama dalam susunan kisi tetrahedral dan grafit yang tersusun atas atom karbon yang terikat dalam lembaran-lembaran kisi heksagonal. Kandungan karbon yang terdapat pada arang tempurung kelapa tua memiliki alotrop karbon yang cenderung mengarah pada grafit (Wachid dkk, 2014).

Pembentukan grafit menjadi GO menggunakan metode modifikasi Hummer atau metode oksidasi grafit. Metode ini merupakan metode yang menggunakan berbagai reaksi kimia untuk mengoksidasi grafit menjadi GO (Loryuenyong et al., 2013). Sesuai Gambar 2.1 terlihat bahwa pada GO terdapat atom oksigen dan hidrogen yang berikatan dengan atom karbon dalam struktur heksagonal. Sedangkan pada rGO merupakan GO yang mengalami reduksi, yaitu proses hilangnya atom-atom oksigen dan hidrogen sehingga diperoleh struktur yang menyerupai grafena (Nasrullah, 2014).



**Gambar 2.1** Modifikasi Struktur atom grafena dan turunannya (Atkins dan De Paula, 2006)

Gugus fungsi kimia dari lembaran grafena utama bukan bagian ujung yang dicapai tidak hanya dari ikatan kovalen atau bukan kovalen. Gugus fungsi kovalen membutuhkan pemecahan dari ikatan  $sp^2$  yang dapat dicapai menggunakan rentang yang lebar dari reaksi. Gugus fungsi bukan kovalen bergantung pada kekuatan van der Waals dikarenakan susunan  $\pi$ - $\pi$  antar molekul aromatik dan kisi grafena, sehingga lembaran grafena bergabung bersama di dalam grafit. GO dan rGO meminjamkan diri untuk gugus fungsi kovalen dikarenakan adanya cacat pada kisi grafena yang bertindak sebagai sisi dari aktivitas (Warner, 2013).

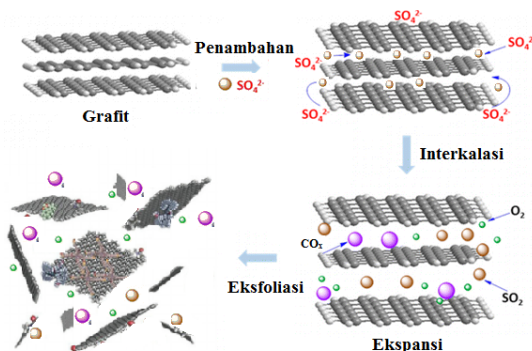
## 2.2 Eksfoliasi Grafena Oksida

### 2.2.1 Eksfoliasi Kimia

Baru-baru ini digunakan dengan teknik baru yaitu eksfoliasi secara kimia dengan memanfaatkan pelarut. Pelarut ini akan berinteraksi baik dengan grafena. Penambahan senyawa, surfaktan, dan bahan kimia pada larutan digunakan untuk melemahkan interaksi van der Waals dan menjaga hasil eksfoliasi tidak kembali ke semula (Cai dkk, 2012). Senyawa yang ditambahkan disintesis dengan cara mencampur grafit bubuk dengan asam cair seperti  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , *methanesulfonic* ( $M_3SO_3H$ ), *ethanesulfonic* ( $EtSO_3H$ ), *1-propanesulfonic* ( $n-PrSO_3H$ ) dan *dichloroacetic* ( $Cl_2CHOOH$ ), selanjutnya dilakukan proses pemanasan untuk mengeringkan menjadi serbuk lagi (Kovtyukhova dkk, 2014). Dalam medium air, akses elektrolit



masuk ke rongga dalam dan kekosongan dari serbuk dibatasi oleh sifat hidrofobik dari grafit. Pembatasan yang ada akan hilang ketika kekosongan pada grafit bersifat higroskopis sebagai akibat dari adanya penambahan asam pekat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dampak tersebut juga berkontribusi terhadap peningkatan penyayatan kulit grafit seperti pada Gambar 2.2 (Munuera dkk, 2017).



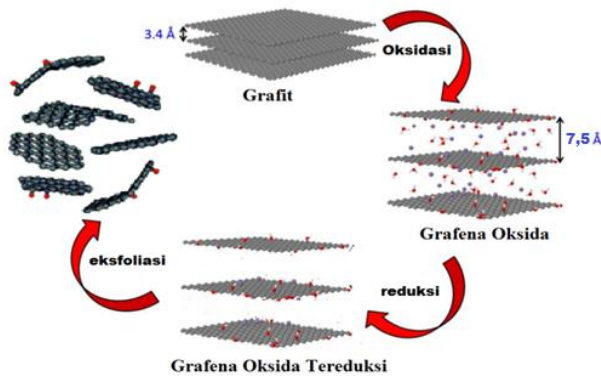
**Gambar 2.2** Modifikasi Proses Eksfoliasi dengan Penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Munuera dkk, 2017)

### 2.2.2 Eksfoliasi Mekanik

Penerapan cara mekanik untuk memisahkan bahan yang berlapis-lapis dengan cara pengadukan, pengocokan, dan sonikasi merupakan beberapa cara yang paling efektif dalam proses penyayatan kulit grafena. Karbon yang berbentuk heksagonal tersusun dari kristal molekular atom terikat dengan ikatan kovalen. Lapisan heksagonal ini terikat dengan lapisan lain dengan ikatan van der Waals. Namun karena lemahnya ikatan ini, lapisan satu sangat mudah bergerak terhadap lapisan lainnya. Energi yang ditambahkan ke sistem dalam bentuk sonikasi untuk mengatasi gaya kohesif van der Waals antara lapisan (McAllister dkk, 2007).

Peran air dalam proses eksfoliasi adalah memperluas atau ekspansi jarak antar lembar nano GO. Penyayatan kulit dan jarak antar lembar GO meningkat dari  $3,4 \text{ \AA}$  menjadi  $7,5 \text{ \AA}$  seperti pada

Gambar 2.3 (Martinez dkk, 2016). Penyayatan kulit grafena oksida di dalam air seperti yang telah dilakukan oleh (Stankovich dkk, 2007) menggunakan proses sonikasi. Penyayatan ini dapat terjadi karena adanya gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan salah satu gelombang mekanik dengan rentang frekuensi lebih dari 20.000 Hz, sehingga proses penyayatan dari grafena oksida tereduksi dilakukan secara mekanik.



**Gambar 2. 3** Modifikasi proses penyayatan rGO (Martinez dkk, 2016)

Proses penyayatan diawali dengan adanya gaya geser pada rGO akibat interaksi dengan gelombang ultrasonik dan proses kavitasi yang dialami oleh medium yang digunakan yaitu air. Kavitasi merupakan proses yang disebabkan karena adanya perbedaan tekanan pada saat proses ultrasonik, sehingga menyebabkan terjadinya proses penyayatan. Kavitasi kuat yang disebabkan oleh proses sonikasi membantu memisahkan lapisan GO bahkan menyayat lembaran yang terbentuk (Cai dkk, 2012). Proses pengadukan GO terbukti menghasilkan lapisan nano GO dari 50 mm hingga 40 mm. Hal ini merupakan hasil yang paling signifikan dari beberapa hasil penyayatan dengan berbagai cara yang telah dilakukan dalam proses eksfoliasi GO (Zhou dan Liu, 2011).

## 2.3 Struktur Grafena Oksida Tereduksi

### 2.3.1 Komposisi Unsur Bahan Dasar

Pengujian komposisi unsur bahan dasar dilakukan dengan alat CHONS digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dengan ukuran atom yang kecil. Unsur yang dapat diketahui adalah unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur. Pengujian ini dilakukan pada sampel serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan 400°C. Masing-masing unsur diketahui dengan metode pengujian yang berbeda. Untuk unsur karbon menggunakan metode titrasi kimia. Unsur hidrogen diketahui berdasarkan *loss mass* ketika di dalam *furnace*. Unsur oksigen menggunakan metode *balance*. Unsur nitrogen dan sulfur menggunakan metode sintesis larutan.

**Tabel 2. 1** Hasil analisis unsur CHON S dari serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan 400°C (Nasrullah, 2014).

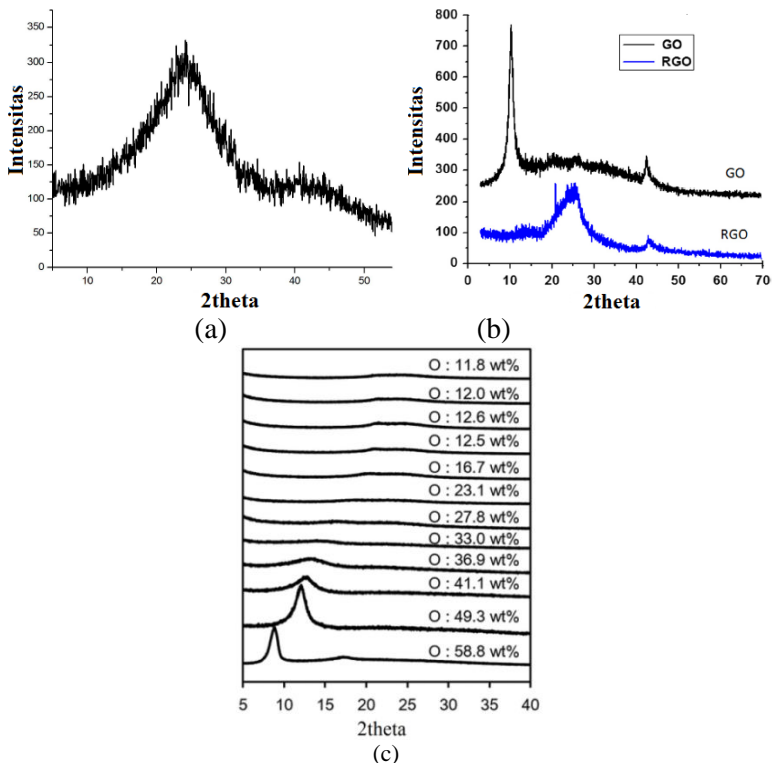
| Unsur        | Prosentase (%) |
|--------------|----------------|
| Karbon (C)   | 53,33          |
| Hidrogen (H) | 6,4            |
| Oksigen (O)  | 35,17          |
| Nitrogen (N) | 1,1            |
| Sulfur (S)   | 0,02           |

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Nasrullah (2014) didapatkan hasil pengujian komposisi unsur CHONS ditampilkan pada Tabel 2.1. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa prosentase karbon dan oksigen jauh lebih besar jika dibandingkan dengan unsur lainnya. Perbandingan (rasio) dari komposisi unsur karbon dan oksigen sebesar 0,6 banding 0,4. Rasio ini mendekati rasio yang dimiliki oleh material rGO.

### 2.3.2 Struktur Fasa

Pengujian fasa suatu bahan menggunakan alat XRD, yaitu alat difraktometer dengan memanfaatkan sinar-X . Prinsip difraksi

yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa kimia dari struktur kristalnya bukan dari komposisi elemen kimianya (Leng, 2008).



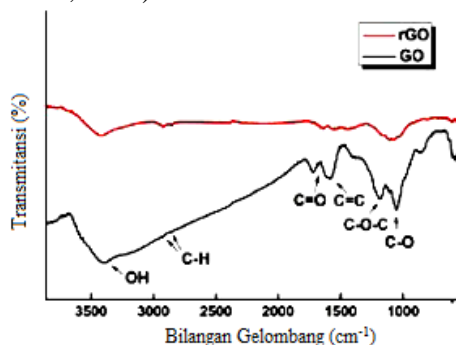
**Gambar 2. 4** Pola difraksi (a) rGO serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan pada suhu 400°C selama 5 jam (Nugraha, 2015), (b) GO dan rGO (Sarkar dkk, 2014), dan (c) rGO dengan perbedaan kadar oksigen (Morimoto dkk, 2016).

Berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa terbentuk fasa rGO berdasarkan pola XRD seperti Gambar 2.4a yang diperoleh dari pemanasan arang tempurung kelapa tua pada suhu 400°C selama 5 jam. Pola difraksi terdiri dari dua puncak lebar yang

berada pada posisi sekitar  $2\theta = 24^\circ$  dan  $43^\circ$  (Nugraheni dkk, 2015). Terdapat puncak lebar rGO pada sudut difraksi  $24^\circ$  refleksi (100) yang menunjukkan rGO setelah diproses pemanasan memiliki struktur semikristalin. Hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya pada Gambar 2.4b bahwa puncak utama GO pada  $2\theta = 10,28^\circ$  dan  $43^\circ$ , sedangkan pada rGO puncak utama terdapat pada  $2\theta = 24^\circ$  dan  $43^\circ$  (Sarkar dkk, 2014). Selain itu, berdasarkan penelitian oleh Morimoto dkk (2016) bahwa terdapat perbedaan pola XRD pada rGO dengan perbedaan kadar oksigen yang terkandung. Semakin sedikit kadar oksigen maka puncak lebar yang pada  $2\theta = 5^\circ$ - $20^\circ$  akan semakin menurun bahkan tidak ada seperti pada Gambar 2.4c.

### 2.3.3 Gugus Fungsi

Pengujian ikatan molekul suatu bahan dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk selama proses sintesis dengan menggunakan FTIR. Keluaran data yang diperoleh dari spektroskopi FTIR berupa grafik pola puncak-puncak antara bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) dan transmisi (%) dari setiap interaksi molekul yang menyerap energi sesuai dengan kemampuan bahan uji (Nugraheni dkk, 2015).



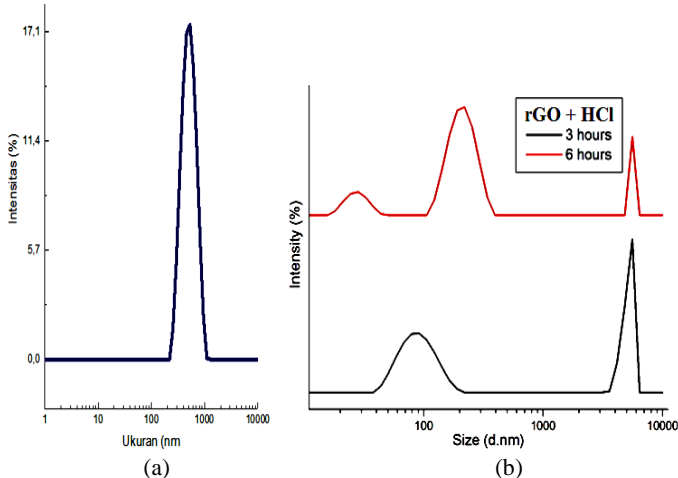
**Gambar 2. 5** Pola grafik FTIR dari GO dan rGO hasil penyayatan (Konios dkk, 2014).

Grafik FTIR yang dihasilkan pada Gambar 2.5 merupakan hasil dari rGO setelah proses penyayatan. Terdapat banyak ikatan

gugus fungsi yang terbentuk seperti C=O, C-O, O-H dan C=C. Puncak yang muncul pada grafena oksida tereduksi pada panjang gelombang  $1726\text{ cm}^{-1}$  merupakan C=O, puncak pada  $1056\text{ cm}^{-1}$  merupakan ikatan C-O, puncak pada  $3400\text{ cm}^{-1}$  merupakan ikatan O-H, puncak pada  $1618\text{ cm}^{-1}$  merupakan C=C Hal ini membuktikan bahwa pada arang tempurung kelapa tua terbentuk fasa rGO (Konios dkk, 2014).

### 2.3.4 Distribusi Ukuran Partikel

Pengujian distribusi ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan alat PSA. Alat ini menggunakan prinsip hamburan cahaya dinamis atau *Dynamic Light Scattering* (DLS) dalam suatu larutan dengan rentang konsentrasi yang besar. Serta dengan sistem pengukuran partikel dengan mengukur gerak Brownian partikel yang merupakan gerak acak dari suatu partikel dalam larutan akibat pergerakan acak antar partikel tersebut (Ristekdikti dan Pustaka, 2016).



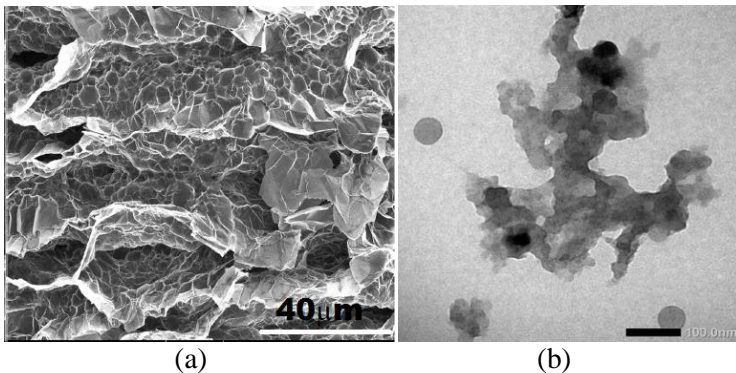
**Gambar 2.6** Grafik distribusi ukuran dengan proses a. Eksfoliasi mekanik (Hidayat, 2016) dan b. eksfoliasi mekanik dan penambahan HCl (Nugraheni, 2016).

Kedua metode eksfoliasi telah diterapkan pada serbuk arang tempurung kelapa tua. Berawal dengan eksfoliasi secara mekanik saja yang dilakukan untuk mendapatkan rGO dengan ukuran kecil, namun ukuran rGO masih besar sekitar 500-1.000 nm seperti yang ditampilkan puncak pada Gambar 2.6a (Hidayat, 2016). Kemudian dikembangkan dengan penambahan senyawa kimia HCl pada proses eksfoliasi mekanik, didapatkan hasil yang cukup baik diperoleh rGO dengan ukuran partikel antara 30-45 nm. Adanya proses penambahan asam kuat HCl dalam larutan telah membuat atom-atom Cl menyisip dan berikatan dengan atom-atom karbon serta mengekspansi ikatan lemah antar lapisan rGO. Variasi waktu penyayatan selama 3 dan 6 jam memberikan perbedaan ukuran partikel dari rGO. Semakin lama waktu penyayatan maka ukuran rGO semakin kecil seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.6b (Nugraheni, 2016).

### 2.3.5 Morfologi

Pengujian morfologi suatu bahan menggunakan alat SEM-EDX, yaitu sebuah mikroskop menggunakan elektron berenergi tinggi untuk mengkarakterisasi struktur lapisan dengan menampilkan morfologinya. Informasi yang dapat diperoleh dari SEM yaitu mendeteksi impuritas, batas garis putus, lipatan dan kekosongan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Karlsson (2016) pada Gambar 2.7a menunjukkan terbentuk grafit dengan jarak antar lapisan yang semakin jauh dengan adanya penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Terlihat dari kedua gambar grafit yang terbentuk berupa tumpukan yang tersusun antar lapisan dengan tebal masing-masing lapisan sangat tipis. Berdasarkan hasil TEM yang diperoleh pada penelitian sebelumnya mendapatkan pada Gambar 2.7b menunjukkan adanya gumpalan yang memiliki tebal partikel yang tipis di beberapa bagian serta ada bagian yang menggumpal tidak homogen dan bertumpuk dengan tidak teratur, sehingga distribusi ukuran partikel tidak dapat ditentukan secara pasti (Nugraha, 2015).



**Gambar 2.6** Morfologi pada uji (a) SEM dari grafit dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Karlsson, 2016) dan (b) TEM rGO dari arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan  $400^\circ\text{C}$  selama 5 jam (Nugraha, 2015).

### 2.3.6 Konduktivitas Listrik dan Lebar Celah Pita Energi

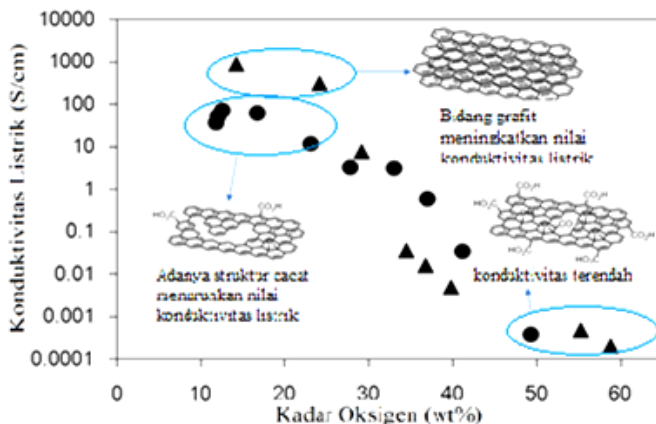
Material alam ataupun buatan yang terdapat di alam dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu konduksi, isolator dan semikonduktor yang memiliki nilai konduktivitas listrik berbeda. Konduktivitas listrik sendiri merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Dilihat dari Gambar 2.8, bahan semikonduktor memiliki nilai konduktivitas listrik antara  $10^{-8}$  hingga  $10^3\ \text{S/cm}$ . Pengujian konduktivitas listrik dapat dilakukan dengan alat FPP, yaitu suatu metode yang banyak digunakan untuk mengukur resistansi semikonduktor (Sze, 1998).

**Tabel 2.2** Nilai konduktivitas listrik arang tempurung kelapa tua pada variasi waktu pemanasan (Nugraha, 2015)

| Bahan                                     | Konduktivitas Listrik (S/cm) |
|---|------------------------------|
| Arang                                     | $1,81 \times 10^{-7}$        |
| Arang pemanasan $400^\circ\text{C}$ 3 jam | $2,35 \times 10^{-6}$        |
| Arang pemanasan $400^\circ\text{C}$ 4 jam | $1,36 \times 10^{-6}$        |
| Arang pemanasan $400^\circ\text{C}$ 5 jam | $9,41 \times 10^{-7}$        |



Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nugraha (2015), arang tempurung kelapa tua pada pemanasan 400°C pada beberapa variasi suhu pemanasan sesuai data Tabel 2.2. Serbuk arang tempurung kelapa tua murni memiliki nilai konduktivitas listrik sebesar  $1,81 \times 10^{-7}$  S/cm. Hasil pengukuran konduktivitas listrik juga didapatkan oleh penelitian Zhou dkk (2014) bahwa lembaran grafena yang terbentuk melalui eksfoliasi mekanik memiliki nilai konduktivitas listrik sebesar  $4990 \pm 710$  S/m. Selain itu, berdasarkan penelitian oleh Munuera dkk (2017) bahwa nilai konduktivitas listrik dari rGO dengan penambahan  $H_2SO_4$  pada proses eksfoliasi sebesar  $\sim 35000$  S/m.



**Gambar 2. 7** Nilai konduktivitas listrik dari GO (▲) dan rGO (●) dengan kadar oksigen yang berbeda (Morimoto dkk, 2016).

Berdasarkan penelitian oleh Morimoto (2016) pada Gambar 2.8 bahwa nilai konduktivitas listrik pada GO dan rGO akan berbeda pada beberapa kadar oksigen di dalamnya. Pada rentang kadar oksigen 10-20 wt%, nilai konduktivitas listrik rGO lebih rendah dari pada GO. Hal ini terjadi akibat belum tercapainya orbital  $sp^2$  dimana ikatan antar C pada grafena akan mudah terlepas dan akan berikatan dengan O, sehingga timbullah

struktur cacat pada grafena. Terbentuknya cacat ini dapat mengakibatkan luas permukaan pada grafena akan berkurang, sehingga nilai konduktivitas listrik akan berkurang. Pada kadar oksigen paling tinggi yaitu 50-60 wt% maka akan semakin banyak cacat yang terbentuk, sehingga nilai konduktivitas listriknya paling rendah. Berbeda dengan GO, susunan grafit yang masih tersusun teratur dengan luas permukaan yang cukup lengkap dibandingkan dengan rGO memiliki nilai konduktivitas listrik yang lebih tinggi. Hal ini membuktikan bahwa besar nilai konduktivitas listrik pada rGO akan bergantung pada konsentrasi oksigen.

Selain nilai konduktivitas listrik tersebut, dapat diperoleh nilai lebar celah pita energi dari beberapa penelitian. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mas'udah dkk (2016) didapatkan bahwa rGO dari serbuk arang tempurung kelapa tua dengan pemanasan 400°C selama 5 jam memiliki lebar celah pita energi sebesar 1,23 eV. Suatu bahan semikonduktor memiliki lebar celah pita energi berkisar 1 eV. Sifat kelistrikan suatu bahan akan bergantung pada lebar celah pita energi, semakin kecil lebar celah pita energi maka akan semakin baik bahan tersebut menghantarkan arus listrik (Sze, 1998).

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Alat dan Bahan**

#### **3.1.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah alat pembakar, mortar, saringan 200 mesh, tabung *furnace*, neraca digital, spatula, gelas beker, gelas ukur, cawan penguap, saringan, pipet, *aluminium foil*, oven, *ultrasonic cleaner*, *magnetic stirrer*, dan *centrifuge*. Untuk analisis, dilakukan karakterisasi komposisi unsur bahan dasar menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan CHONS, fasa bahan menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), distribusi ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA), ikatan molekul menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), serta konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi menggunakan *Four Point Probe* (FPP).

#### **3.1.2 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah serbuk tempurung kelapa tua, asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dan aquades.

### **3.2 Langkah Kerja**

#### **3.2.1 Preparasi Bahan Serbuk Tempurung Kelapa Tua**

Penelitian ini menggunakan bahan tempurung kelapa dari buah kelapa tua. Jenis kelapa ini sangat banyak tersedia di pedagang buah kelapa. Agar hasil yang dihasilkan maksimal maka tempurung kelapa harus dibersihkan terlebih dahulu dari daging buah dan serabut, hingga tersisa tempurungnya saja. Tempurung kelapa tua kemudian dijemur di bawah sinar matahari dan dibakar di atas nyala api hingga terbentuk arang berwarna hitam. Kemudian serbuk arang dihaluskan dengan mortar dan diayak hingga halus hingga berukuran 200 mesh.

### 3.2.2 Proses Pemanasan

Serbuk tempurung kelapa tua dimasukkan ke dalam *crucible*, kemudian dilakukan proses pemanasan menggunakan *furnace* selama 5 jam dan dengan suhu 400°C. Proses pemanasan sendiri dilakukan untuk mendapatkan serbuk arang dengan struktur rGO. Pemilihan suhu dan waktu penahan berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Nugraheni dkk (2015) yang menyebutkan bahwa dengan waktu penahan tersebut menghasilkan fasa rGO.

### 3.2.3 Proses Pencampuran

Setelah dilakukan proses pemanasan tersebut, dilakukan proses pencampuran antara serbuk rGO dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dalam 100 ml aquades menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C selama 20 jam. Terdapat beberapa variasi yang digunakan yaitu variasi molaritas 1M dan 0,1M, variasi perbandingan mol antara H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan rGO yaitu 1:1, 1:5 dan 1:10, serta variasi waktu proses penyayatan yaitu selama 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Pemilihan parameter-parameter yang digunakan untuk variasi dan perlakuan terhadap serbuk rGO berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Nugraheni (2016).

### 3.2.4 Proses Ultrasonik

Proses ultrasonik bertujuan untuk menyayat-nyayat lembaran rGO yang masih bertumpuk-tumpuk hingga menghasilkan bentuk lembaran rGO. Proses ultrasonik dilakukan dengan waktu yang berbeda. Setelah itu, sebagian sampel diproses dengan *centrifuge* dan sebagian besarnya dikeringkan menggunakan *hot plate*.

### 3.2.5 Proses *Centrifuge*

Proses *centrifuge* bertujuan untuk memisahkan koloid dan pelarutnya. Proses ini dilakukan selama 40 menit dengan kecepatan putar 3500 rpm untuk memperoleh larutan arang rGO

tanpa kandungan endapan serbuk sehingga dapat dikarakterisasi distribusi ukuran partikelnya menggunakan PSA.

### **3.3 Karakterisasi Sampel**

Pada penelitian ini, karakterisasi yang dilakukan adalah:

#### **3.3.1 *X-Ray Fluorescence (XRF)* dan CHONS**

Pengujian komposisi unsur bahan dasar dilakukan dengan alat XRF, yaitu alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan menggunakan metode spektrometri. Pengujian ini dilakukan di Universitas Negeri Malang. Analisis unsur C, H, O, N, dan S yang dilakukan di jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Kelebihan menggunakan uji ini adalah dapat mendeteksi unsur-unsur dengan ukuran atom yang kecil. Unsur-unsur yang dapat terdeteksi seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur.

#### **3.3.2 *X-ray Diffraction (XRD)***

Pengujian fasa suatu bahan dilakukan dengan alat XRD, yaitu alat difraktometer dengan memanfaatkan sinar-X yang dilakukan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui fasa suatu bahan. Pengukuran dengan XRD dimulai dari sudut  $5^{\circ}$ - $55^{\circ}$ . Proses identifikasi fasa didasarkan pada pencocokan data secara kualitatif dengan menggunakan referensi jurnal.

#### **3.3.3 *Particle Size Analyzer (PSA)***

Pengujian distribusi ukuran partikel dilakukan dengan alat PSA di Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dari bahan campuran rGO dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Sampel yang dibutuhkan berupa koloid dalam kuvet tertentu dan dengan ketinggian tertentu. Oleh karena itu dilakukan proses *centrifuge* untuk mendapatkan larutan murni dari campuran keduanya.

### **3.3.4 *Fourier Transform Infrared (FTIR)***

Pengujian ikatan molekul suatu bahan dilakukan dengan alat FTIR, yaitu salah satu alat spektroskopi untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk selama proses sintesis. Pengujian ini dilakukan di Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### **3.3.5 *Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX)***

Pengujian morfologi suatu bahan dilakukan dengan alat SEM-EDX di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. SEM merupakan jenis mikroskop yang dapat menampilkan gambar morfologi sampel dengan memanfaatkan sinar elektron berenergi tinggi. EDX merupakan salah satu detektor yang berfungsi untuk menangkap informasi komposisi sampel pada skala mikro. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui morfologi partikel dari bahan uji.

### **3.3.6 *Four Point Probe (FPP)***

Pengujian nilai konduktivitas dan lebar celah pita energi dilakukan dengan alat FPP di Departemen Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi suatu material dengan mendapatkan nilai tegangan dan arus setiap adanya kenaikan suhu. Berikut rumus pada persamaan 3.1 yang digunakan untuk menghitung konduktivitas listrik.

$$\sigma = \frac{I \times l}{V \times A} \quad 3.1$$

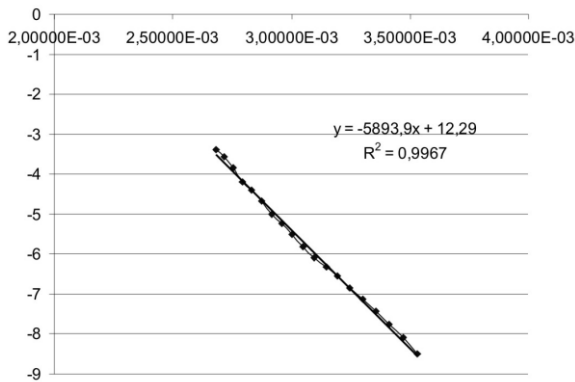
Konduktivitas bergantung pada suhu yang didominasi oleh faktor eksponensial  $\exp(-E_g/(2K_B T))$  sehingga diperoleh persamaan 3.2 dengan  $\sigma_0$  adalah tetapan keseimbangan.

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{E_g}{2K_B T}} \quad 3.2$$

Pengambilan nilai logaritma alamiah kedua ruas persamaan 3.2 mendapatkan persamaan 3.3.

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2K_B T} \quad 3.3$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai lebar celah pita energi ( $E_g$ ) dapat ditentukan dari kemiringan (*slope*) grafik antara  $\ln \sigma$  dan  $1/T$  dari Tabel 3.1. Dimana garis lurus  $y = a + bx$  dengan  $\ln \sigma$  sebagai  $y$ ,  $\ln \sigma_0 = a$ ,  $-E_g/(2K_B) = b$ , dan  $1/T = x$ . Dari Gambar 3.1 menunjukkan grafik persamaan linier, dengan  $\ln \sigma$  turun secara linier terhadap  $1/T$ . Dari grafik diperoleh persamaan linier  $y = -5893,9x + 12,29$ . Kemiringan  $b = -5893,9$  merupakan nilai  $-E_g/(2K_B)$ , sehingga diperoleh nilai lebar celah pita energi  $E_g$  sebesar 1,01 eV.

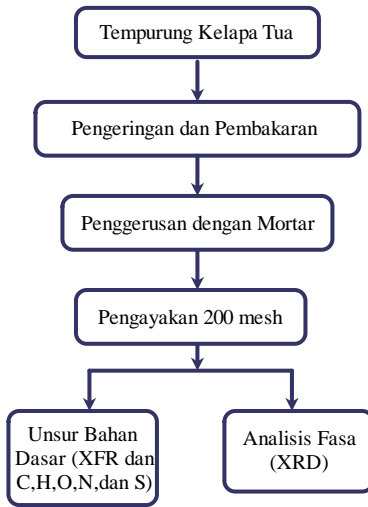


**Gambar 3. 1** Grafik antara  $\ln \sigma$  dan  $1/T$  (Jorena, 2013).

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

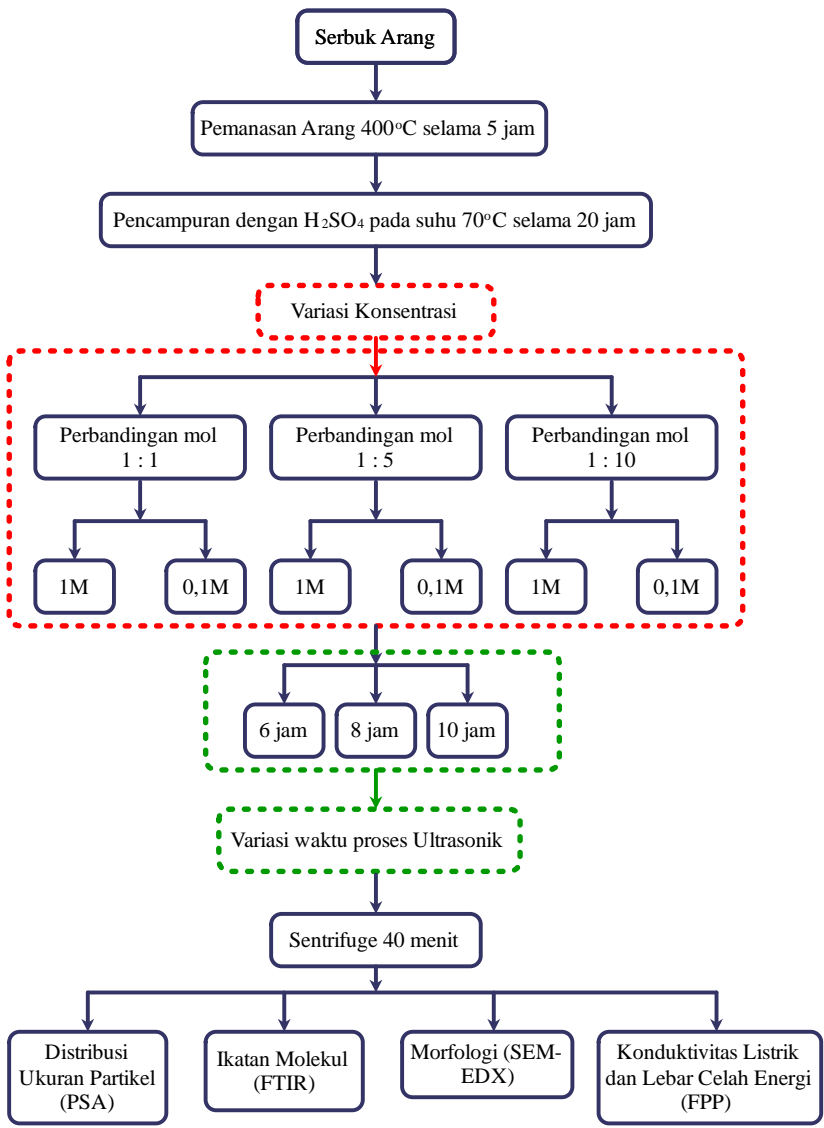
Dalam suatu penelitian sangat diperlukan adanya langkah-langkah yang beruntut dan teratur sama lain, maka langkah-

langkah pada penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir. Diagram alir dari penelitian ini adalah:



**Gambar 3. 2** Diagram Alir Tahap Preparasi Bahan





Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Karakterisasi Bahan

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Analisis Preparasi Serbuk Tempurung Kelapa Tua**

Penelitian ini menggunakan bahan dasar tempurung kelapa tua yang diperoleh dari pasar tradisional wilayah Menur Surabaya. Preparasi awal dilakukan pengeringan tempurung dengan berat awal sebesar 12,88 kg dengan cara menjemur dibawah sinar matahari. Penjemuran ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan air. Setelah itu, dilakukan pemisahan tempurung dengan serabutnya. Setelah bersih berat tempurung kelapa didapat sebesar 6,43 kg, selanjutnya tempurung kelapa tua dibakar di atas nyala api dalam ruang udara bebas dengan alat pembakar sehingga dihasilkan arang berwarna hitam. Pembakaran ini dilakukan untuk mengurangi unsur impuritas sehingga dapat meningkatkan kandungan unsur karbon. Hasil dari proses pembakaran tempurung kelapa tua, diperoleh berupa arang sebesar 1,42 kg dan dilanjutkan dengan proses penggerusan menggunakan mortar sampai berbentuk serbuk kasar sebesar 1,25 kg. Kemudian serbuk kasar diayak dengan menggunakan saringan 200 mesh sehingga diperoleh serbuk halus. Hal ini dilakukan untuk menghomogenkan ukuran rGO dan memperluas luas permukaan, sehingga diperoleh serbuk arang tempurung kelapa tua yang terdistribusi merata. Serbuk arang tempurung kelapa tua kemudian diletakkan dalam *crucible* yang akan dipanaskan pada suhu 400°C selama 5 jam.

#### **4.2 Hasil Analisis Komposisi Unsur Bahan Dasar**

Analisis komposisi unsur bahan dasar dari serbuk awal arang tempurung kelapa tua yang digunakan dapat diketahui melalui pengujian XRF dan CHONS. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat dalam serbuk yang merupakan bahan organik, sehingga nanti akan memudahkan dalam analisis selanjutnya. Karena kita ketahui bahwa bahan organik merupakan bahan yang berasal dari alam dan memiliki

tingkat ketidakmurnian yang cukup tinggi. Kandungan yang tidak murni tersebut dapat dihilangkan dengan salah satu cara yaitu pemanasan dengan suhu tertentu sesuai dengan titik didihnya sendiri. Dari hasil pengujian keduanya kami jadikan satu data prosentase total yang ditampilkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Hasil analisis komposisi bahan dasar

| Komponen      | Prosentase Total (%) |
|---------------|----------------------|
| Karbon (C)    | 81,48                |
| Hidrogen (H)  | 7,61                 |
| Oksigen (O)   | 9,02                 |
| Nitrogen (N)  | 0,532                |
| Sulfur (S)    | 0,012                |
| Fosfor (P)    | 0,023                |
| Kalium (K)    | 0,875                |
| Titanium (Ti) | 0,003                |
| Besi (Fe)     | 0,040                |
| Nikel (Ni)    | 0,030                |
| Seng (Zn)     | 0,013                |
| Rubidium (Rb) | 0,010                |
| Barium (Ba)   | 0,025                |
| Renium (Re)   | 0,008                |
| Osmium (Os)   | 0,007                |
| Tembaga (Cu)  | 0,046                |
| TOTAL         | 99,734               |

Dalam tabel dapat kita ketahui bahwa terdapat enam belas unsur yang terkandung dalam serbuk tempurung kelapa tua yaitu Dari keenam belas unsur tersebut diketahui bahwa unsur karbon memiliki prosentase yang paling besar. Sedangkan unsur yang lain merupakan unsur yang tidak murni dalam serbuk atau impuritas. Unsur tidak murni tersebut berasal dari unsur hara yang terkandung di dalam tanah. Unsur hara ini terserap oleh pohon kelapa melalui akar pohon yang didistribusikan selama pertumbuhan ke seluruh bagian pohon kelapa termasuk buah

kelapa. Sehingga pada bagian buah kelapa yaitu tempurung kelapa mengandung beberapa unsur hara tersebut.

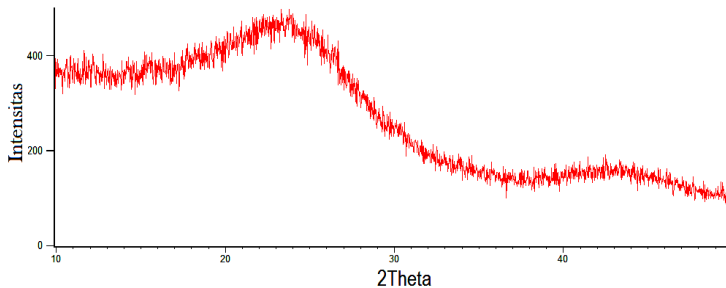
Unsur karbon yang sangat mendominasi yang artinya unsur ini adalah unsur utama dalam serbuk arang tempurung kelapa tua, yang mana sebesar 81,48% sedangkan oksigen dan hidrogen 9,02% dan 7,61%., sehingga dapat diketahui bahwa serbuk tempurung kelapa tua merupakan serbuk rGO. Pada penelitian sebelumnya oleh Nasrullah sesuai pada Tabel 2.1 didapatkan komposisi unsur karbon yang lebih sedikit dan oksigen jauh lebih banyak.

#### **4.2 Hasil Analisis Fasa**

Analisis struktur dan fasa rGO dari arang tempurung kelapa tua dapat diketahui melalui alat XRD. Pola difraksi serbuk awal dari arang tempurung kelapa tua hasil pembakaran yang belum dipanaskan atau *furnace* ditunjukkan pada Gambar 4.1 yang menghasilkan struktur amorf dengan dua puncak lebar berada pada posisi  $2\theta$  yaitu pada  $24,18^\circ$  dan  $44,18^\circ$ . Posisi puncak lebar tersebut menunjukkan bahwa telah terbentuk fasa rGO. Hal ini dibuktikan dengan adanya kecocokan secara kualitatif dari hasil XRD pada penelitian sebelumnya oleh Sarkar dkk pada Gambar 2.4b. Puncak lebar yang dihasilkan mengindikasikan bahwa ukuran kristal yang kecil dari fasa rGO dan tersusun dalam rentang tumpukan lapisan yang pendek. Fasa rGO yang terbentuk ini merupakan lapisan penyusun grafit yang masih tersusun secara acak dan tidak terarah sehingga menghasilkan struktur amorf.

Terbentuknya fasa rGO setelah mengalami proses pembakaran ini merupakan hasil penelitian yang lebih baik dari penelitian sebelumnya yang mana fasa GO terbentuk setelah proses pembakaran menjadi arang dan fasa rGO terbentuk setelah proses dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 5 jam sesuai dengan pola difraksi yang ditunjukkan Gambar 2.4a. Kita sudah ketahui sebelumnya bahwa fasa GO dan rGO berbeda, pada fasa GO terdapat atom oksigen dan hidrogen yang berikatan dengan atom karbon dalam struktur heksagonal sedangkan pada

fasa rGO bisa dikatakan terjadinya proses reduksi kembali pada fasa GO yang mana hilangnya beberapa atom-atom oksigen dan hidrogen sehingga diperoleh struktur yang menyerupai grafena.



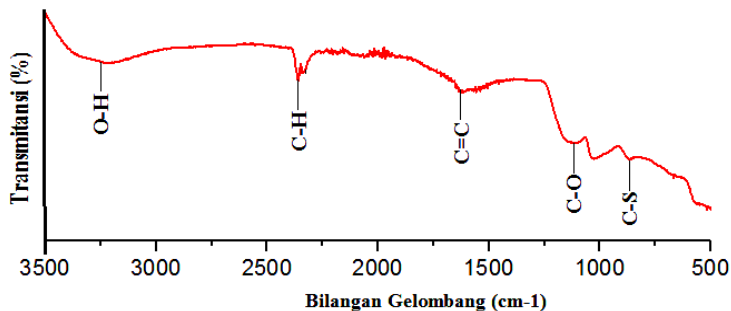
**Gambar 4. 1** Grafik pola difraksi rGO serbuk awal dari arang tempurung kelapa tua setelah proses pembakaran.

#### 4.3 Hasil Analisis Gugus Fungsi rGO

Analisis ikatan molekul dari rGO dapat diketahui melalui karakterisasi FTIR. Gugus fungsi yang muncul ditunjukkan dengan adanya pola grafik puncak-puncak antara bilangan gelombang dalam  $\text{cm}^{-1}$  dan prosentase transmitasi dalam % dari setiap interaksi molekul. Masing-masing ikatan molekul memiliki bilangan gelombang yang berbeda didasarkan kemampuan ikatan molekul yang bergetar dan resapan energi spektrum inframerah.

Hasil pola grafik FTIR secara kualitatif ditunjukkan bahwa teridentifikasi ikatan-ikatan molekul utama yang terdapat pada serbuk rGO yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Hasil pola grafik tersebut mempunyai kesamaan puncak dengan hasil pola grafik serbuk rGO dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada Gambar 4.2. Puncak serapan inframerah pada bilangan gelombang  $1621,75 \text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya ikatan  $\text{C}=\text{C}$ . Ikatan  $\text{C}=\text{C}$  adalah struktur dasar dari rGO yang saling berikatan dan membentuk heksagonal dimana ikatan rangkap ini merupakan ikatan kovalen yang terbentuk dari hibridisasi  $\text{sp}^3$  dan  $\text{sp}^2$  yang sulit untuk terputus karena memiliki energi ikat yang besar. Selain itu terdapat ikatan O-H, C-H dan C-O yang ditandai dengan munculnya puncak

serapan inframerah pada bilangan gelombang  $3212,51\text{ cm}^{-1}$ ,  $2359,89\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1153,56\text{ cm}^{-1}$ . Ketiga ikatan ini terbentuk karena masih adanya atom oksigen dan hidrogen yang muncul akibat adanya proses oksidasi selama proses pemanasan yang kemudian ikatannya mengalami reduksi selama proses pencampuran dengan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan proses penyayatan dengan proses ultrasonik.



**Gambar 4. 2** Hasil pola grafik FTIR dari rGO setelah dilakukan proses penyayatan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Proses penambahan senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam larutan bertujuan untuk menyisipkan atom S agar berikatan dengan atom C pada lapisan rGO yang memiliki ikatan van der Waals sangat lemah. Dengan keberadaan atom sisipan ini dapat membuat jarak yang semakin jauh (ekspansi), sehingga ikatan yang semula akan semakin lemah. Ikatan yang lemah ini akan mudah terputus ketika terkena energi dari luar seperti getaran selama proses penyayatan. Energi luar tersebut berasal dari proses ultrasonik dan proses pemanasan. Atom C pada rGO yang terputus ini memiliki elektron valensi yang dapat mengikat atom sulfur yang juga terputus dari senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Tersisipnya atom-atom S pada lapisan rGO ditunjukkan dengan munculnya puncak serapan inframerah pada bilangan gelombang  $871,77\text{ cm}^{-1}$ , yang mempresentasikan adanya ikatan C-S. Sedangkan tersisipnya atom-atom O pada lapisan rGO ditunjukkan dengan munculnya

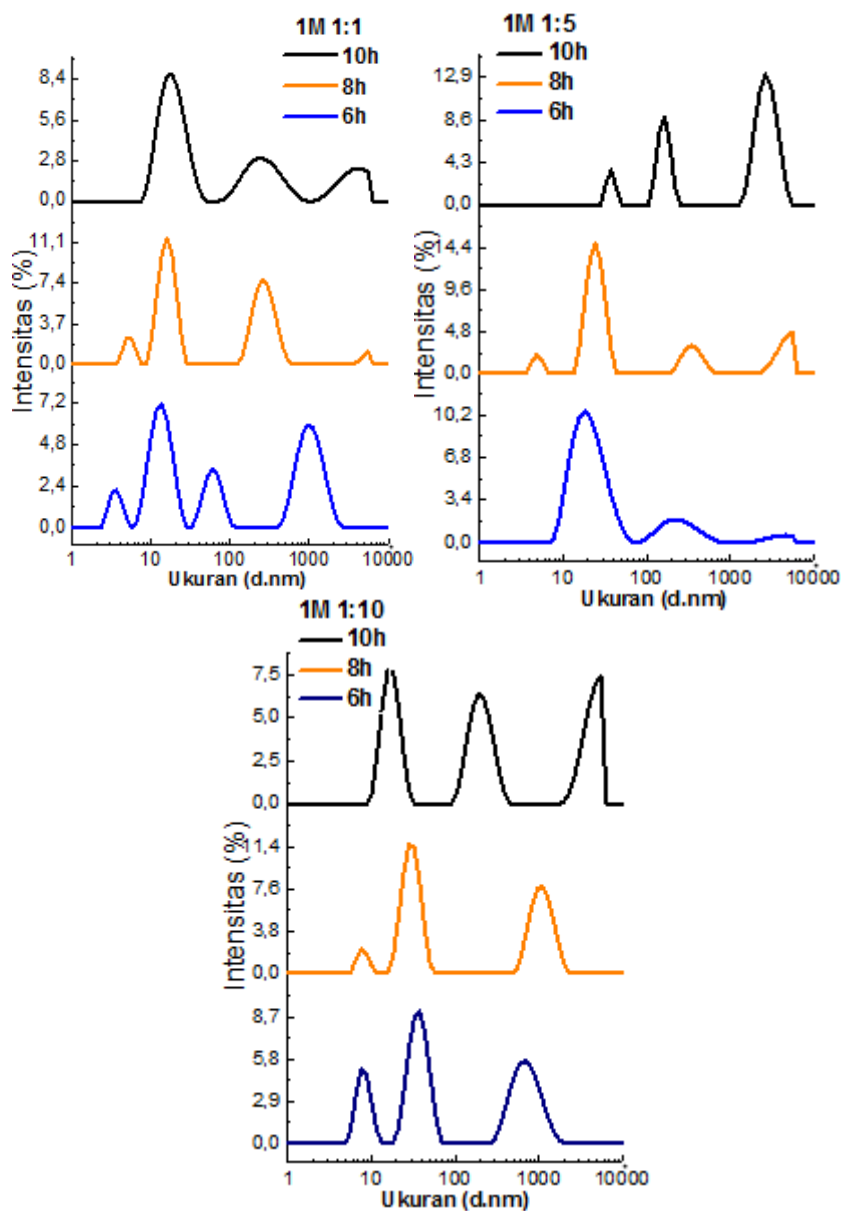
puncak serapan inframerah pada bilangan gelombang  $1153,56 \text{ cm}^{-1}$ , yang mempresentasikan adanya ikatan C-O.

#### 4.4 Hasil Analisis Distribusi Ukuran

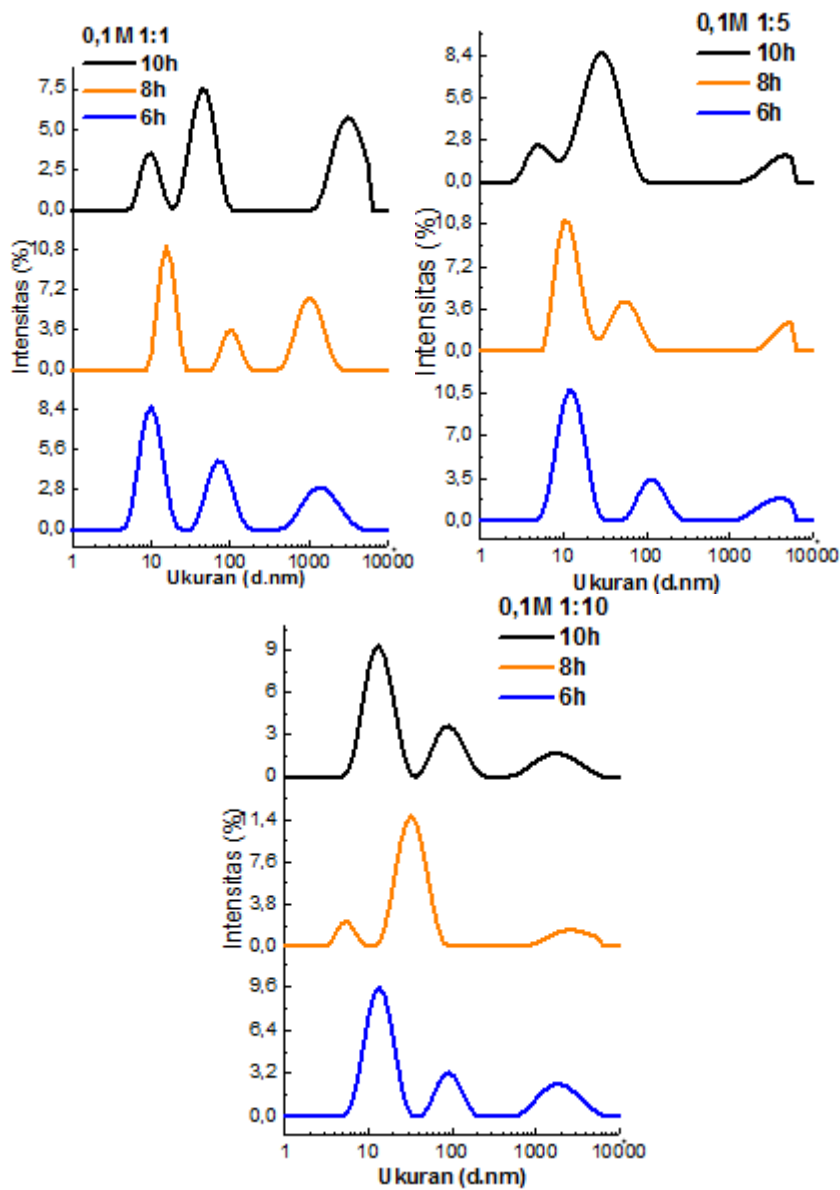
Analisis distribusi ukuran partikel dalam suatu volum larutan dapat diketahui melalui karakterisasi PSA. Grafik hasil pengukuran PSA dari rGO dengan variasi waktu, molaritas dan konsentrasi yang ditampilkan pada Gambar 4.3 dan 4.4. Perbedaan variasi secara garis besar telah berhasil membentuk puncak pada ukuran partikel dibawah 50 nm dengan intensitas yang berbeda-beda. Dengan hasil puncak terbaik diperoleh dengan perlakuan proses ultrasonik selama 6 jam pada masing-masing variasi mol dengan konsentrasi larutan 0,1M. Hal ini terjadi karena konsentrasi larutan 1M membutuhkan karbon dan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang lebih banyak daripada 0,1M, sehingga kepekatan larutan 1M lebih banyak daripada 0,1M.

Pekatnya suatu larutan dapat menyebabkan partikel beraglomerasi dengan cepat, sehingga ukuran partikel akan semakin besar hingga berukuran mikron. Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh waktu korelasi selama proses pengukuran PSA. Waktu korelasi sangat berkaitan dengan ukuran partikel yang dihasilkan. Ketika waktu korelasi yang dihasilkan besar, maka distribusi ukuran partikel dalam larutan memiliki ukuran yang besar dan begitu sebaliknya. Hal ini berhubungan dengan prinsip dari pengukuran PSA yaitu *Dynamic Light Scattering* (DSL) yang terjadi ketika partikel dikenai sinar yang berupa laser dapat menyebabkan intensitas sinar yang dihamburkan oleh partikel akan berfluktuasi dengan kecepatan yang bergantung pada pergerakan dan ukuran partikel dalam larutan tersebut selama pengujian PSA. Sesuai dengan teori gerak Brownian, yang mana ketika terjadi pergerakan partikel dalam suatu larutan lambat maka partikel dalam larutan tersebut memiliki ukuran yang besar. Partikel dengan ukuran besar akan bergerak lebih lambat dari pada partikel yang berukuran kecil, karena ruang untuk bergerak dalam larutan dengan partikel ukuran besar lebih rapat.



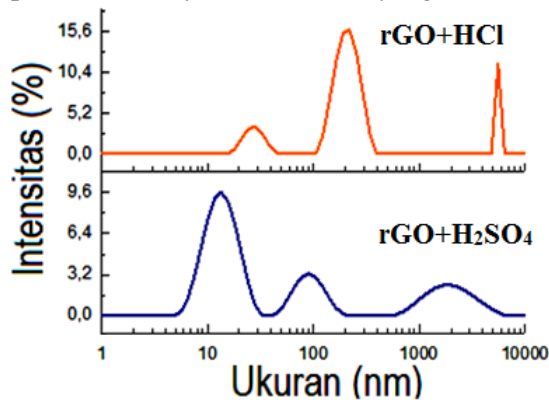


**Gambar 4. 3** Grafik distribusi ukuran partikel rGO pada konsentrasi 1M



**Gambar 4. 4** Grafik distribusi ukuran partikel rGO pada konsentrasi 0,1M

Tiga grafik ditampilkan pada Gambar 4.5 dengan menggunakan proses eksfoliasi yang sama yaitu melalui proses ultrasonik selama 6 jam. Ketiga grafik menunjukkan adanya perbedaan distribusi ukuran partikel pada rGO yang terbentuk dengan penambahan senyawa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$ . Perlakuan berbeda pada serbuk rGO selama proses penyayatan dimaksudkan agar mengetahui peran aktif senyawa asam kuat yang ditambahkan.



**Gambar 4. 5** Grafik distribusi ukuran partikel pada rGO dengan penambahan  $\text{HCl}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Distribusi ukuran partikel rGO dengan penambahan asam kuat  $\text{HCl}$  mulai terbentuk puncak pada ukuran partikel dibawah 50 nm. Distribusi ukuran partikel rGO dengan penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terbentuk puncak pada ukuran partikel jauh lebih kecil yaitu dibawah 10 nm. Terlihat jelas perbedaan dari distribusi ukuran partikel pada ketiga grafik tersebut, rGO dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  memiliki ukuran partikel yang jauh lebih kecil dari pada penambahan  $\text{HCl}$ . Hal ini diakibatkan oleh lebih besarnya atom atau molekul yang akan menyisip ketika ditambahkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yaitu  $\text{SO}_4^{2-}$ , dimana memiliki jari-jari atom yang jauh lebih besar yaitu penjumlahan dari jari-jari atom S dan 4 atom O. Sedangkan dengan penambahan  $\text{HCl}$ , hanya ada satu atom Cl yang akan menyisip. Sehingga dengan ukuran atom atau molekul yang lebih besar sebagai penyisip untuk mendesak jarak

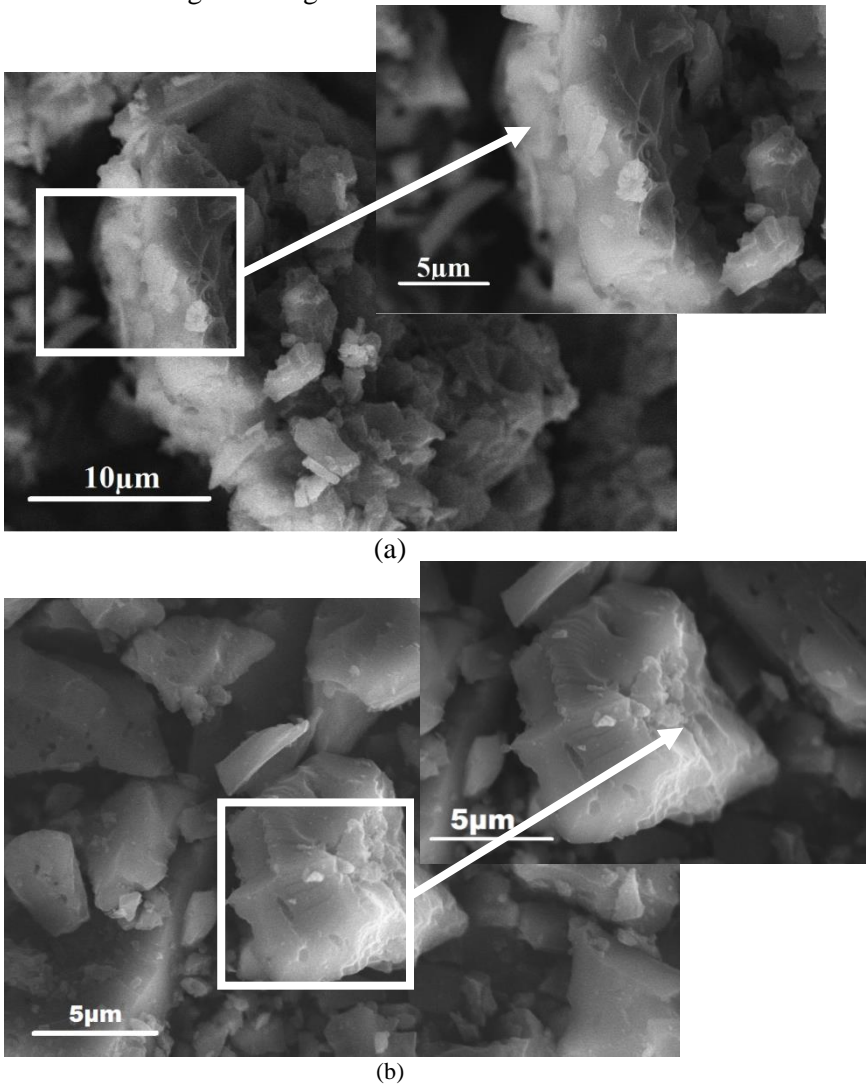
antar lapisan untuk semakin menjauh dan melemahkan ikatan van der Waals antar lapisan. Sehingga distribusi ukuran partikel dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  lebih kecil daripada dengan penambahan HCl.

#### 4.5 Hasil Analisis Morfologi

Analisis morfologi rGO dapat diketahui melalui karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Morfologi rGO dengan penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang dihasilkan dengan pengujian SEM ditampilkan pada Gambar 4.6a menunjukkan bahwa struktur lapisan yang terbentuk berupa struktur grafit yang bertumpuk secara tidak teratur. Susunan grafit yang bertumpuk-tumpuk ini juga dibuktikan melalui hasil TEM pada Gambar 2.7b yang menunjukkan bahwa terdapat banyak gumpalan yang saling bertumpuk-tumpuk dan tersusun secara tidak teratur. Hal ini menandakan bahwa struktur dari bahan dasar serbuk tempurung kelapa tua yang sudah berupa tumpukan lapisan tidak homogen. Namun selain terdapat gumpalan, terlihat bahwa terdapat beberapa lapisan yang tipis bahkan ada yang terawang. Hal ini menandakan sudah terjadinya proses penyayatan pada grafit menjadi lapisan tipis. Pada proses pemanasan yang dilakukan dengan suhu  $400^\circ\text{C}$  terdapat energi yang dapat menekan ikatan van der Waals yang semula memiliki ikatan yang lemah. Sehingga lapisan mudah terputus dan membentuk lapisan tipis.

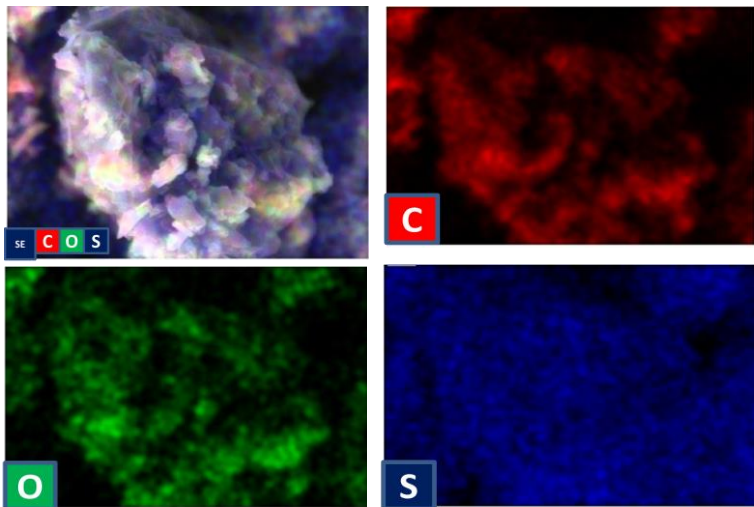
Struktur grafit yang bertumpuk tidak teratur dari susunan beberapa lapisan dalam ukuran mikro dengan permukaan yang kasar. Adanya penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mengakibatkan terjadi interkalasi atau penyisipan pada lapisan yang dapat melemahkan ikatan van der Waals dan adanya ekspansi atau pertambahan lebar jarak antar lapisan grafit. Proses inilah disebut dengan eksfoliasi secara kimia, dimana adanya penambahan senyawa asam kuat pada larutan. Setelah terjadi eksfoliasi secara kimia, rGO akan mengalami eksfoliasi secara mekanik melalui proses ultrasonik.

Proses penyayatan diawali dengan adanya gaya geser pada rGO akibat interaksi gelombang ultrasonik.



**Gambar 4. 3** Hasil SEM rGO (a) dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M (b) dengan penambahan HCl 1M.

Terlihat kesamaan antara keduanya berupa struktur grafit yang tersusun dari lapisan saling bertumpukan secara tidak teratur dalam ukuran mikron. Namun struktur grafit yang terbentuk dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sedikit berbeda dengan rGO yang ditambahkan dengan  $\text{HCl}$  yang ditampilkan pada Gambar 4.6b. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat banyak sekali *flakes* grafit dengan ukuran besar. Hal ini akibat kurangnya pelemahan ikatan van der Waals antar lapisan ketika larutan ditambahkan dengan  $\text{HCl}$ . Sehingga penyayatan menjadi *flakes* grafit kecil hanya sedikit. Dari hasil ini dapat kita ketahui bahwa pada proses eksfoliasi secara kimia dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  akan lebih baik daripada  $\text{HCl}$ .



**Gambar 4. 4** Hasil EDX dari rGO dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Bahkan juga dapat dilihat melalui hasil EDX dari morfologi rGO dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang ditampilkan pada Gambar 4.7. Menunjukkan adanya tumpukan dari unsur penyusun rGO berupa warna merah untuk unsur karbon, warna hijau untuk unsur oksigen dan warna biru untuk unsur sulfur.

Terlihat jelas bahwa atom sulfur dan oksigen tersebar merata pada seluruh permukaan rGO. Sehingga dapat terbukti bahawa atom S dan O menyisip bahkan berikatan dengan karbon.

#### 4.6 Hasil Analisis Konduktivitas Listrik dan Lebar Celah Pita Energi

Analisis konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi dari rGO dapat diketahui melalui pengukuran dengan alat FPP. Dengan metode ini didapatkan nilai konduktivitas listrik dan lebar celah pita energi dari rGO murni, rGO dengan proses eksfoliasi penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{HCl}$  seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.2. Dari ketiga perlakuan menunjukkan hasil nilai konduktivitas listrik termasuk dalam rentang bahan semikonduktor sesuai dengan Gambar 2.9.

**Tabel 4. 2** Nilai konduktivitas dan lebar celah pita energi pada rGO pada beberapa perlakuan

| Bahan                         | Konduktivitas Listrik (S/m) | Lebar Celah Pita Energi (eV) |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| rGO murni                     | 0,4                         | 0,07                         |
| rGO + $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $1,1 \times 10^{-3}$        | 0,17                         |
| rGO + $\text{HCl}$            | $3,6 \times 10^{-5}$        | 0,19                         |

Nilai konduktivitas dari rGO murni merupakan nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya sebesar 0,4 S/m. Sedangkan rGO dengan penambahan  $\text{HCl}$  memiliki nilai konduktivitas paling rendah sebesar  $3,6 \times 10^{-5}$  S/m. Hal ini menandakan bahwa rGO hasil eksfoliasi secara kimia dengan penambahan asam kuat dapat mengurangi nilai konduktivitas listrik. Hal ini dapat terjadi karena semakin berkurangnya luas permukaan pada rGO akibat terbentuknya cacat akibat penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ataupun  $\text{HCl}$ . Cacat tersebut terbentuk karena semakin banyak kandungan oksigen dalam rGO, sehingga atom C akan mudah terlepas dan akan mudah berikatan dengan O. Dapat dibuktikan dengan kandungan oksigen rGO

murni sebesar 9,02 % yang sesuai dengan hasil analisis pada Tabel 4.1, sedangkan pada rGO setelah penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebesar 37 % yang sesuai dengan hasil analisis morfologi pada Gambar 4.7.

Selain nilai konduktivitas, didapatkan lebar celah pita energi dari masing-masing perlakuan. Nilai lebar celah pita energi dari rGO murni sebesar 0,07 eV merupakan nilai terkecil daripada perlakuan yang lain. Kita ketahui bahwa unsur karbon, oksigen, dan hidrogen sebagai unsur penyusun dari rGO merupakan unsur non logam yang pada dasarnya bersifat isolator dimana susah menghantarkan arus listrik. Sehingga setelah penambahan asam kuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ataupun  $\text{HCl}$  nilai lebar celah pita energi akan semakin besar. Karena terdapat senyawa asam kuat yang lebih isolatif pada proses ultrasonik. Sifat isolator ini terjadi karena besarnya nilai lebar celah pita energi sehingga elektron pada pita valensi susah untuk “meloncat” menuju pita konduksi. Sehingga dapat diketahui bahwa rGO murni akan lebih mudah menghantarkan arus listrik daripada rGO setelah penambahan asam kuat.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil XRD, telah terbentuk fasa rGO pada serbuk arang tempurung kelapa tua.
2. Berdasarkan hasil PSA, adanya penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan penyayatan secara garis besar dan merata telah berhasil membentuk puncak pada ukuran partikel dibawah 50nm.
3. Berdasarkan hasil FTIR, adanya penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam larutan telah membuat atom S dan O menyisip dan berikatan dengan atom karbon.
4. Berdasarkan hasil SEM, adanya penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan penyayatan membentuk morfologi berupa struktur grafit yang bertumpuk tidak teratur, kasar dan berukuran relatif kecil.
5. Berdasarkan hasil FPP, adanya penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat mengurangi nilai konduktivitas listrik rGO menjadi  $1,1 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$  dan nilai lebar celah pita energi menjadi 0,17 eV.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukannya penelitian ini maka diperoleh beberapa hal yang dapat disarankan untuk menjadi bahan perbandingan dalam penelitian yang akan lebih lanjut, di antara lain sebagai berikut:

1. Mendapatkan larutan rGO dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi tertentu dari arang tempurung kelapa tua yang dapat mendispersikan partikel secara sempurna dan memiliki ukuran partikel yang homogen.
2. Mendapatkan metode untuk memisahkan penggumpalan antar lapisan rGO yang terjadi, sehingga tidak mengganggu proses penyayatan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbuzov, A.A., Muradyan, V.E., Tarasov, B.P., 2012. Synthesis of few-layer graphene sheets via chemical and thermal reduction of graphite oxide. Sumy State University.
- Atkins, P.W., De Paula, J., 2006. Atkins' physical chemistry. W. H. Freeman, New York.
- Cai, M., Thorpe, D., Adamson, D.H., Schniepp, H.C., 2012. Methods of graphite exfoliation. *J. Mater. Chem.* 22, 24992. doi:10.1039/c2jm34517j
- Chen, G., Weng, W., Wu, D., Wu, C., Lu, J., Wang, P., Chen, X., 2004. Preparation and characterization of graphite nanosheets from ultrasonic powdering technique. *Carbon* 42, 753–759. doi:10.1016/j.carbon.2003.12.074
- Fukushima, H., Drzal, L.T., 2002. Graphite nanoplatelets as reinforcements for polymers: structural and electrical properties, in: Proceedings of the 17th Annual Conference of the American Society for Composites, Purdue University, West Lafayette, IN.
- Geim, A.K., Novoselov, K.S., Morozov, S.V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Grigorieva, I.V., Firsov, A.A., 2004. Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science* 306.
- Hidayat, S.T., 2016. Sintesis Komposit Sukrosa-rGO (Grafena Oksida Tereduksi) Variasi Komposisi Massa Untuk Bahan Superkapasitor Ramah Lingkungan. *J. SAINS DAN SENI ITS*.
- Hong, Y., Wang, Z., Jin, X., 2013. Sulfuric Acid Intercalated Graphite Oxide for Graphene Preparation. *Sci. Rep.* 3. doi:10.1038/srep03439
- Jorena, 2013. Menentukan Energi Gap Semikonduktor Silikon Melalui Pengukuran Resistansi Bahan pada Suhu Beragam 12, 3.
- Karlsson, P., 2016. Intercalation and exfoliation of graphite. Chalmers Univ. Technol.

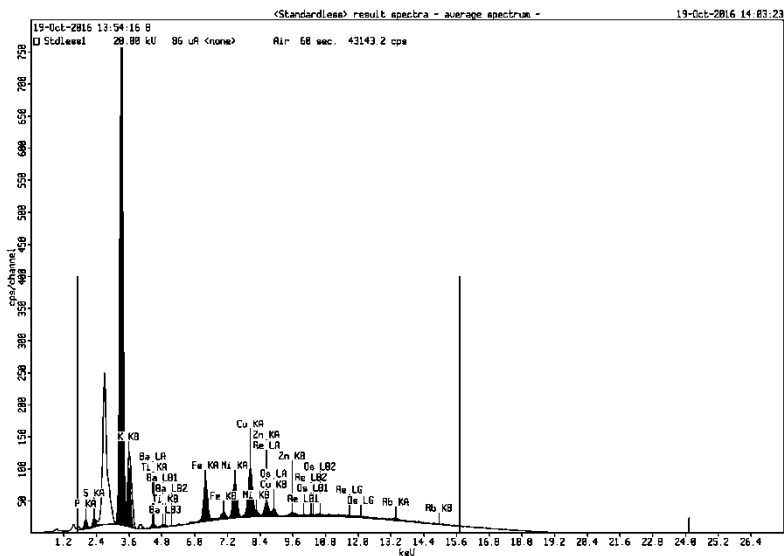
- Konios, D., Stylianakis, M.M., Stratakis, E., Kymakis, E., 2014. Dispersion behaviour of graphene oxide and reduced graphene oxide. *J. Colloid Interface Sci.* 430, 108–112. doi:10.1016/j.jcis.2014.05.033
- Kotov, N.A., 2006. Materials science: Carbon sheet solutions. *Nature* 442, 254–255. doi:10.1038/442254a
- Kovtyukhova, N.I., Wang, Y., Berkdemir, A., Cruz-Silva, R., Terrones, M., Crespi, V.H., Mallouk, T.E., 2014. Non-oxidative intercalation and exfoliation of graphite by Brønsted acids. *Nat. Chem.* 6, 957–963. doi:10.1038/nchem.2054
- Leng, Y., 2008. *Material Characterization – Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods*. John Wiley & Sons Pte Ltd.
- Liao, K.-H., Mittal, A., Bose, S., Leighton, C., Mkhoyan, K.A., Macosko, C.W., 2011. Aqueous only route toward graphene from graphite oxide. *Acs Nano* 5, 1253–1258.
- Loryuenyong, V., Totepvimarn, K., Eimburanaprat, P., Boonchompoo, W., Buasri, A., 2013. Preparation and Characterization of Reduced Graphene Oxide Sheets via Water-Based Exfoliation and Reduction Methods. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2013, 1–5. doi:10.1155/2013/923403
- Martha, C., 2016. Sintesis dan Karakterisasi Komposit rGO dari LimbahTempurung Kelapa Tua dengan ZnO sebagai Material Pengkonversi Energi Matahari. *J. SAINS DAN SENI ITS* 4, 6.
- Martinez, U., Dumont, J.H., Holby, E.F., Artyushkova, K., Purdy, G.M., Singh, A., Mack, N.H., Atanassov, P., Cullen, D.A., More, K.L., Chhowalla, M., Zelenay, P., Dattelbaum, A.M., Mohite, A.D., Gupta, G., 2016. Critical role of intercalated water for electrocatalytically active nitrogen-doped graphitic systems. *Sci. Adv.* 2, e1501178–e1501178. doi:10.1126/sciadv.1501178
- Mas’udah, K.W., Nugraha, I.M.A., Abidin, S., Mufid, A., Astuti, F., Darminto, 2016. Solution of reduced graphene oxide

- synthesized from coconut shells and its optical properties. p. 020045. doi:10.1063/1.4945499
- Maulana, A., 2016. Karakterisasi Sifat Magnetik Grafena Oksida Tereduksi Dari Hasil Pembakaran Tempurung Kelapa Tua. J. SAINS DAN SENI ITS 1.
- McAllister, M.J., Li, J.-L., Adamson, D.H., Schniepp, H.C., Abdala, A.A., Liu, J., Herrera-Alonso, M., Milius, D.L., Car, R., Prud'homme, R.K., Aksay, I.A., 2007. Single Sheet Functionalized Graphene by Oxidation and Thermal Expansion of Graphite. *Chem. Mater.* 19, 4396–4404. doi:10.1021/cm0630800
- Morimoto, N., Kubo, T., Nishina, Y., 2016. Tailoring the Oxygen Content of Graphite and Reduced Graphene Oxide for Specific Applications. *Sci. Rep.* 6. doi:10.1038/srep21715
- Munuera, J.M., Paredes, J.I., Villar-Rodil, S., Martínez-Alonso, A., Tascón, J.M.D., 2017. A simple strategy to improve the yield of graphene nanosheets in the anodic exfoliation of graphite foil. *Carbon* 115, 625–628. doi:10.1016/j.carbon.2017.01.038
- Nasrullah, M., 2014. Analisis Fasa dan Lebar Celah Pita Energi Karbon Pada Hasil Pemanasan Tempurung Kelapa. Lap. Tugas Akhir Fis. FMIPA ITS.
- Nugraha, A.I.M., 2015. Characterization of Reduced Graphene Oxide (rGO) from Coconut Shell as Microwave Absorbing Material. ITS.
- Nugraheni, A.Y., 2016. Small Angle X-Ray Scattering Study on Reduced Graphene Oxide Prepared from Exfoliation of Old Coconut Shell. Laporan Tugas Akhir Fisika FMIPA ITS 68.
- Nugraheni, A.Y., Nasrullah, M., Prasetya, F.A., Astuti, F., Darminto, 2015. Study on Phase, Molecular Bonding, and Bandgap of Reduced Graphene Oxide Prepared by Heating Coconut Shell. *Mater. Sci. Forum* 827, 285–289. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.827.285

- Pinatik, H., Tooy, D., 2014. Quality Analysis of Activated Coconut Shell Charcoal Briquette Dust in Water Purification at Various Water Sources. International Institute of Engineers. doi:10.15242/IIE.E0614055
- Ristekdikti, R., Pustaka, U., 2016. Buku Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat di Perguruan Tinggi EDISI X TAHUN 2016.
- Sarkar, S.K., Raul, K.K., Pradhan, S.S., Basu, S., Nayak, A., 2014. Magnetic properties of graphite oxide and reduced graphene oxide. *Phys. E Low-Dimens. Syst. Nanostructures* 64, 78–82. doi:10.1016/j.physe.2014.07.014
- Stankovich, S., Dikin, D.A., Piner, R.D., Kohlhaas, K.A., Kleinhammes, A., Jia, Y., Wu, Y., Nguyen, S.T., Ruoff, R.S., 2007. Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. *Carbon* 45, 1558–1565. doi:10.1016/j.carbon.2007.02.034
- Sze, S.M., 1998. *Physics of Semiconductor Devices* 2nd edition. John Wiley and Sons.
- Wachid, F.M., Perkasa, A.Y., Prasetya, F.A., Rosyidah, N., Darminto, 2014. Synthesis and characterization of nanocrystalline graphite from coconut shell with heating process. pp. 202–206. doi:10.1063/1.4866759
- Warner, J.H., 2013. Introduction, in: *Graphene*. Elsevier, pp. 1–4. doi:10.1016/B978-0-12-394593-8.00001-1
- Zhou, M., Tian, T., Li, X., Sun, X., Zhang, J., Cui, P., Tang, J., Qin, L.-C., others, 2014. Production of graphene by liquid-phase exfoliation of intercalated graphite. *Int J Electrochem Sci* 9, 810–820.
- Zhou, X., Liu, Z., 2011. Graphene foam as an anode for high-rate Li-ion batteries. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 18, 062006. doi:10.1088/1757-899X/18/6/062006

## LAMPIRAN 1

### Hasil Uji XRF



**Gambar 1.** Grafik pengukuran XRF kandungan serbuk arang tempurung kelapa

## LAMPIRAN 2

### Hasil Uji PSA

**Tabel 1. Data Distribusi Ukuran Partikel**

| Molaritas | Perbandingan mol | Rata-rata Ukuran Partikel |       |        |
|-----------|------------------|---------------------------|-------|--------|
|           |                  | 6 jam                     | 8 jam | 10 jam |
| 1M        | 1:1              | 23,62                     | 23,72 | 27,32  |
|           | 1:5              | 22,76                     | 33,98 | 257,5  |
|           | 1:10             | 31,75                     | 42,6  | 59,25  |
| 0,1M      | 1:1              | 22,14                     | 31,58 | 49,42  |
|           | 1:5              | 17,51                     | 17,5  | 18,13  |
|           | 1:10             | 20,12                     | 26,55 | 18,62  |

**LAMPIRAN 3**  
**Hasil Uji EDX**

**Tabel 2.** Komposisi unsur penyusun rGO dengan penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

| El     | AN | Series   | unn. C<br>[wt. %] | norm. C<br>[wt. %] | Atom. C<br>[at. %] | Error<br>[%] |
|--------|----|----------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| C      | 6  | K-series | 56.83             | 56.83              | 65.38              | 17.7         |
| O      | 8  | K-series | 37.00             | 37.00              | 31.96              | 12.0         |
| S      | 16 | K-series | 6.17              | 6.17               | 2.66               | 0.2          |
| Total: |    |          | 100.00            | 100.00             | 100.00             |              |

**LAMPIRAN 4**  
**Hasil Uji FPP**

**Tabel 3.** Tabel perhitungan nilai konduktivitas listrik rGO murni pada setiap kenaikan suhu

| V <sub>ab</sub><br>(V) | I<br>(A) | R<br>(Ω) | σ<br>(S/m) | T<br>(C) | T<br>(K) | 1/T<br>(1/K) | ln σ     |
|------------------------|----------|----------|------------|----------|----------|--------------|----------|
| 1,6                    | 0,08     | 20       | 0,433727   | 30       | 303      | 0,0033       | -0,83534 |
| 1,2                    | 0,082    | 14,634   | 0,59276    | 40       | 313      | 0,00319      | -0,52297 |
| 1,3                    | 0,08813  | 14,751   | 0,588067   | 50       | 323      | 0,0031       | -0,53092 |
| 0,9                    | 0,0817   | 11,016   | 0,787455   | 60       | 333      | 0,003        | -0,23895 |
| 0,9                    | 0,0895   | 10,056   | 0,862634   | 70       | 343      | 0,00292      | -0,14776 |
| 1,3                    | 0,0905   | 14,365   | 0,603881   | 80       | 353      | 0,00283      | -0,50438 |
| 1,2                    | 0,076    | 15,789   | 0,549387   | 90       | 363      | 0,00275      | -0,59895 |
| 1,1                    | 0,083    | 13,253   | 0,654533   | 100      | 373      | 0,00268      | -0,42383 |

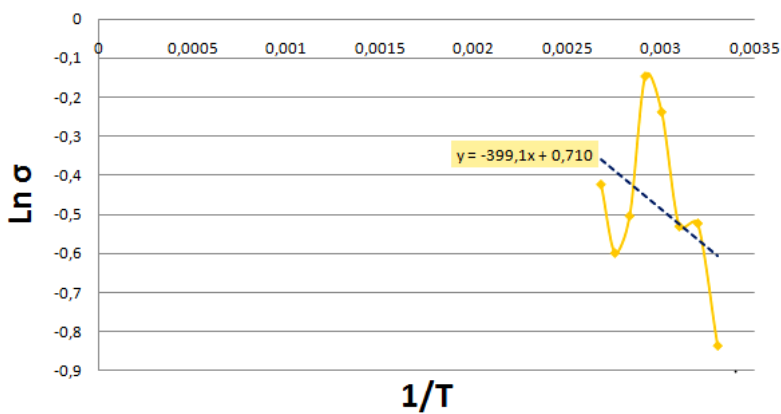


**Tabel 4.** Tabel perhitungan nilai konduktivitas listrik rGO dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada setiap kenaikan suhu

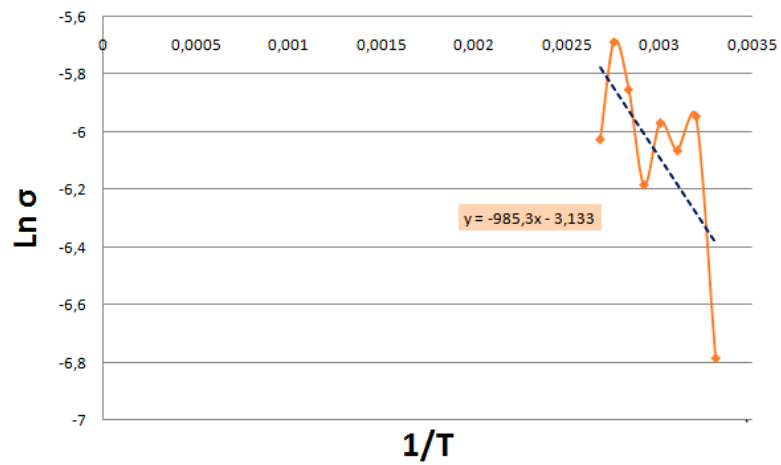
| Vab<br>(V) | I<br>(A) | R<br>( $\Omega$ ) | $\sigma$<br>(S/m) | T<br>(C) | T<br>(K) | 1/T<br>(1/K) | $\ln \sigma$ |
|------------|----------|-------------------|-------------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 2,3        | 0,0003   | 7666,7            | 0,00113           | 30       | 303      | 0,0033       | -6,78425     |
| 4,3        | 0,0013   | 3307,7            | 0,00262           | 40       | 313      | 0,00319      | -5,94361     |
| 4,1        | 0,0011   | 3727,3            | 0,00233           | 50       | 323      | 0,0031       | -6,06304     |
| 4,4        | 0,0013   | 3384,6            | 0,00256           | 60       | 333      | 0,003        | -5,9666      |
| 4,2        | 0,001    | 4200              | 0,00207           | 70       | 343      | 0,00292      | -6,18245     |
| 4,4        | 0,00146  | 3013,7            | 0,00288           | 80       | 353      | 0,00283      | -5,85053     |
| 4,6        | 0,0018   | 2555,6            | 0,00339           | 90       | 363      | 0,00275      | -5,68563     |
| 4,3        | 0,0012   | 3583,3            | 0,00242           | 100      | 373      | 0,00268      | -6,02366     |

**Tabel 5.** Tabel perhitungan nilai konduktivitas listrik rGO dengan penambahan HCl pada setiap kenaikan suhu

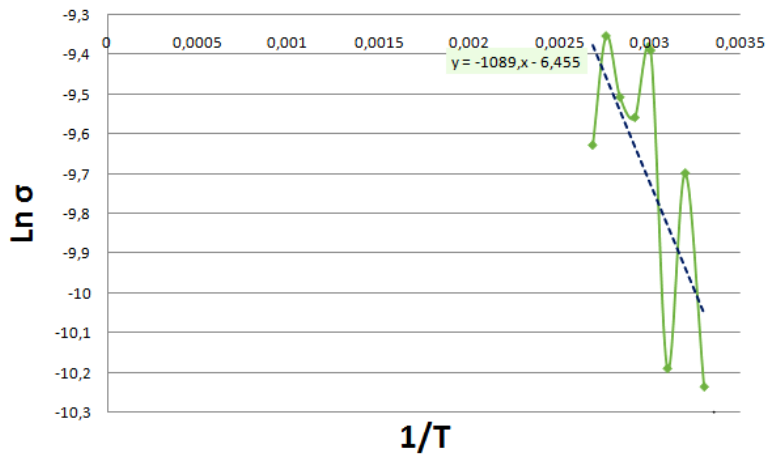
| Vab<br>(V) | I<br>(A) | R<br>( $\Omega$ ) | $\sigma$<br>(S/m)     | T<br>(C) | T<br>(K) | 1/T<br>(1/K) | $\ln \sigma$ |
|------------|----------|-------------------|-----------------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 2,9        | 0,000012 | 241666,7          | $3,59 \times 10^{-5}$ | 30       | 303      | 0,0033       | -10,2349     |
| 2,4        | 0,000017 | 141176,5          | $6,14 \times 10^{-5}$ | 40       | 313      | 0,00319      | -9,69737     |
| 3          | 0,000013 | 230769,2          | $3,76 \times 10^{-5}$ | 50       | 323      | 0,0031       | -10,1888     |
| 2,8        | 0,000027 | 103703,7          | $8,36 \times 10^{-5}$ | 60       | 333      | 0,003        | -9,3889      |
| 2,7        | 0,000022 | 122727,3          | $7,07 \times 10^{-5}$ | 70       | 343      | 0,00292      | -9,55733     |
| 2,1        | 0,000018 | 116666,7          | $7,44 \times 10^{-5}$ | 80       | 353      | 0,00283      | -9,50668     |
| 2,2        | 0,000022 | 100000            | $8,67 \times 10^{-5}$ | 90       | 363      | 0,00275      | -9,35253     |
| 2,5        | 0,000019 | 131578,9          | $6,59 \times 10^{-5}$ | 100      | 373      | 0,00268      | -9,62697     |



Gambar 2. Grafik antara  $\ln \sigma$  dan  $1/T$  pada serbuk rGO murni



Gambar 3. Grafik antara  $\ln \sigma$  dan  $1/T$  pada serbuk rGO dengan penambahan  $H_2SO_4$



**Gambar 4.** Grafik antara  $\ln \sigma$  dan  $1/T$  pada serbuk rGO dengan penambahan HCl

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## Biodata Penulis



Wildatun Islamiyah yang akrab disapa “Wilda” merupakan penulis Tugas Akhir (TA) yang berjudul “Eksfoliasi Mekanik dengan Penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada Grafena Oksida Tereduksi dari Tempurung Kelapa Tua.”

Penulis dilahirkan pada tanggal 7 April 1995 di Desa Burneh, RT 002 RW 006 jalan Telaga Nangka Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan. Penulis merupakan anak ke-empat dari lima bersaudara. Penulis memulai pendidikannya di SDN 3 Burneh, dilanjutkan kejenjang berikutnya di SMPN 2 Bangkalan dan kemudian di SMAN 1 Bangkalan. Setelah lulus dari SMAN 1 Bangkalan pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikannya di bidang material pada Jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur undangan.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam bidang akademik ataupun non akademik. Penulis aktif dalam dunia riset sejak didanainya proposal PKM oleh Dikti dari tahun 2014 hingga 2016. Penulis juga berpengalaman kerja di PT. International Chemical Industry dalam proyek menganalisis kualitas mutu dari baterai R6 dan R20. Penulis juga aktif dalam pelatihan kemampuan dalam mengoperasikan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Selain aktif dalam bidang akademik, penulis juga aktif dalam organisasi Jurusan Fisika yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA) ITS selama dua periode sebagai staff departemen dalam negeri pada periode 2014-2015 dan sebagai sekertaris departemen ESP (*Education and Student Prosperity*) pada periode 2015-2016. Penulis juga pernah mengikuti program Magang Ormawa (*Internship*) di Universitas Teknikal Malaka (UTeM) Malaysia yang dilaksanakan oleh *International Office* (IO) pada tahun 2015.